



TEKNILLINEN TIEDEKUNTA

# **KAIVOSTOIMINNAN AIHEUTTAMA VESISTÖKUORMITUS KEVITSAN KAIVOKSEN YMPÄRISTÖSSÄ**

Riku-Olli Valta

KAIVANNAISALAN YKSIKKÖ  
GEOTIETEIDEN KOULUTUSOHJELMA

Pro gradu  
Helmikuu 2020

# TIIVISTELMÄ

## OPINNÄYTETYÖSTÄ Oulun yliopisto Teknillinen tiedekunta

Koulutusohjelma (kandidaatintyö, diplomityö) Geotieteiden koulutusohjelma		Pääaineopintojen ala (lisensiaatintyö)	
Tekijä Valta, Riku-Olli		Työn ohjaaja yliopistolla Sarala, P., professori	
Työn nimi Kaivostoiminnan aiheuttama vesistökuormitus Kevitsan kaivoksen ympäristössä			
Opintosuunta Geotieteet	Työn laji Pro gradu	Aika Helmikuu 2020	Sivumäärä 88 s., 9 liitettä
<p>Tiivistelmä</p> <p>Kaivostoiminnan ympäristövaikutukset ovat tiedeyhteisöissä ja mediassa jatkuvan tarkastelun kohteena. Työssä tarkasteltiin Kevitsan kaivoksen lähialueen vesistöjen kemiallisia muutoksia vuosien varrella 1970-luvulta lähtien. Tavoitteena oli erottaa tarkastelujaksolla Kevitsan kaivoksen suora vesistökuormitus ja sen lisäksi arvioida ja selvittää alueen hajakuormituksen lähteitä ja vaikutuksia tuloksiin. Työssä arvioitiin useiden vesigeokemiallisten aineistojen keskinäistä vertailtavuutta ja riittävyyttä kohteellisessa tarkastelussa.</p> <p>Kevitsan kaivoksen lähivesistöistä valittiin näytetuloksia eri vuosilta ennen kaivoksen perustamista ja rakennusvaiheen sekä toiminnan ajalta. Työssä käytetty aineisto koostettiin useiden organisaatioiden vesinäytteiden tuloksista. Valtaosa aineistosta kerättiin Suomen ympäristökeskuksen Hertta-tietokannasta, jonka materiaalista suurin osa oli ELY-keskuksen tuottamaa. Lisäksi työssä käytettiin kolmen GTK:n projektin vesituloksia vuosilta 1990, 1994 ja 2012 sekä Kevitsan kaivoksen ympäristötarkkailuohjelman vesituloksia.</p> <p>Työtä varten muodostettiin pitoisuuksien vuosikeskiarvoja ja sen lisäksi vertailuun valittiin yksittäisiä näytteitä muutamalta vuodelta painottaen loppu kesän ja syksyn näytteitä. Aineistojen käsittelyyn: jäsentämiseen, laskemiseen ja kuvaajien muodostamiseen käytettiin taulukkolaskentaohjelmaa. Karttojen piirtämiseen käytettiin ArcGIS-paikkatieto-ohjelmistoa.</p> <p>Kaivoksen tuotannon käynnistymisen jälkeen vuodesta 2013 alkaen rauta-, mangaani- ja humuspitoisuus oli vesistöissä pääosin kasvussa. Ionipitoisuuksissa ja sähkönjohtavuudessa oli huomattavissa kasvava trendi kaivosprojektin alkuvaiheista lähtien etenkin Mataraojan kaivoksen eteläpuolisilla pisteillä. Valtaosassa vesistöjä ionipitoisuudet ja sähkönjohtavuus huipentui vuosina 2013-2014, jonka jälkeen ne olivat pääosin laskussa. Vähävetisessä Mataraojassa ionipitoisuudet ja sähkönjohtavuus olivat alueen korkeimpia ja pitoisuuksien huomattiin olleen korkeita jo ennen kaivostoimintaa, minkä perusteella ionipitoisuuksiin ja siten sähkönjohtavuuteen uskotaan vaikuttavan alueen kallio- ja maaperän geokemiallinen luonne.</p> <p>Alueen vesistöjen kemiallinen koostumus vaihteli vuosien ja vuodenaikojen välillä suuresti, etenkin vähävetisessä ja matalassa Mataraojassa ja Saiveljärvessä. Kaivostoiminnan aiheuttaman kuormituksen lisäksi kemiallisen koostumuksen vaihtelun taustalla ovat vesistön koko, vesikasvillisuuden määrä ja happipitoisuuden vaihtelu sekä vesiä sekoittavat tekijät, kuten sadanta ja virtaavuus. Olosuhteiden muutokset vaikuttavat paljon näytteenoton onnistumiseen ja luotettavien analyysitulosten saamiseen.</p> <p>Tämä tutkielma antaa yleiskuvan Kevitsan kaivoksen vesistökuormituksesta ja samalla se kuvaa Pohjois-Suomessa sijaitsevan vesistön yleispiirteitä, kaivoksien toimintaa Suomessa ja kaivoshankkeen ympäristötarkkailun menettelytapaa. Tutkielmassa koostettiin vapaasti saatavilla olevaa tilastotietoa esitettävään muotoon.</p>			
Muita tietoja			
<b>Asiasanat:</b> Kevitsa, kaivosteollisuus, vesistöt, ympäristövaikutus, vesistökuormitus, vesigeokemia			

# ABSTRACT FOR THESIS

University of Oulu Faculty of Technology

Degree Programme (Bachelor's Thesis, Master's Thesis) Degree Programme in Geosciences		Major Subject (Licentiate Thesis)	
Author Valta, Riku-Olli		Thesis Supervisor Sarala, P., Professor	
Title of Thesis The impact of mining industry on surface waters in Kevitsa mine area			
Major Subject Geosciences	Type of Thesis Master's Thesis	Submission Date February 2020	Number of Pages 88 p., 9 app.
<p>Abstract</p> <p>The environmental impacts of mining industry are under constant surveillance of the science community and the media. The main objective of this thesis was to observe the geochemical changes of the water system in the vicinity of the Kevitsa mine area from 1970s to the recent days. The aim was to distinguish direct water pollution of the mine from other pollution sources and to determine the source of this nonpoint source pollution in the area. The compatibility and usability of several geochemical datasets in local survey were evaluated in this thesis.</p> <p>Water geochemical results were chosen from two rivers and a lake near the mine before and during the construction of the mine and during its production period. The data used in this thesis was combined from multiple different surveys. The majority of the data was collected from Hertta-database which is managed by Finnish Environmental Institution. Most of the survey data in the database was produced by Center for Economic Development, Transport and the Environment. Also, survey data from three Geological Survey of Finland projects from 1990, 1994 and 2012 were used as well as data from Kevitsa's environmental monitoring program.</p> <p>Yearly averages were used for the study and compared with single sample results obtained in late summer or autumn. For data processing, calculations and forming diagrams a spreadsheet software was used. Maps were designed with geographic information system software ArcGIS.</p> <p>The main findings of the study were that after the mine's production started, from 2013 onwards, iron, manganese and organic compounds in the river and lake waters were mainly increasing annually. Ion composition and electric conductivity were also increasing annually from the construction times of the mine until 2013-2014 thereafter the two variables were mainly decreasing. Ion composition and electric conductivity were the most noticeable and the highest in Mataraoja river. The findings show that ion composition and electric conductivity had been high even before establishment of the mine. Based on the findings it is believed that the geochemical nature of the surrounding bedrock and soil can have an effect on ion composition and electric conductivity in waters.</p> <p>The chemical composition of the region's waters fluctuated over time and varied depending on the season when the samples were taken. The composition varied especially in river Mataraoja and lake Saiveljärvi. The size of the body of water, quantity of water plants, changes in water's oxygen levels, precipitation and wave action have all an effect on the water chemical composition, in addition to the mine's direct impact. Variables mentioned above have also an impact on sampling and getting reliable results.</p> <p>This thesis represents a general picture of Kevitsa mine's impact on surface waters. The thesis also describes a common water system found in Finnish Lapland, mining business in Finland and the required environmental monitoring of a mine. In this study open content statistical analysis data was transformed into a presentable format.</p>			
<p>Additional Information</p> <p><b>Keywords:</b> Kevitsa, mining industry, water system, environmental impact, mining impact on fresh water system, water geochemistry</p>			

## SISÄLLYSLUETTELO

1. JOHDANTO .....	1
2. KAIVOSTOIMINTA OSANA YHTEISKUNTAA .....	3
2.1. Kaivostoiminnan vaiheet .....	3
2.2. Kaivostoiminnan ympäristövaikutukset .....	5
2.3. Kaivostoiminnan kuormitukset vesistöille .....	7
2.3.1. Happamat valumavedet .....	8
2.3.2. Kaivostoiminnan haitta-aineet .....	8
2.4. Ympäristönkuormituksen tarkkailu kaivosalueilla .....	9
3. KEVITSAN KAIVOS JA LÄHIYMPÄRISTÖ .....	10
3.1 Alueen kallioperä .....	10
3.2 Alueen maaperä .....	11
3.3. Alueen ilmasto ja vesistö .....	13
3.4. Alueen muu käyttö ja pintavesien hajakuormituksen lähteet .....	16
3.5. Kaivoksen perustaminen ja toiminta .....	17
3.5.1. Kaivoksen malmi ja rikastusprosessi .....	18
3.5.2. Sivukivi- ja rikastushiekka-alueet .....	19
3.5.3. Veden käyttö .....	20
3.5.4. Jätevesien käsittely .....	20
3.5.5. Vesistöön johdettavan purkuveden laatu .....	22
3.5.6. Kaivosalueen vesistöjen päästötarkkailu .....	22
4. TUTKIMUKSESSA KÄYTETYT AINEISTOT JA MENETELMÄT .....	25
4.1. Kaivosalueella ja sen ympäristössä tehdyt vesitutkimukset .....	25
4.1.1. Tässä työssä käytettävän aineiston valinta .....	28
4.2. Aluevalinta ja analyysitulokset .....	29
4.2.1. Kohde 1, Mataraoja .....	30
4.2.2. Kohde 2, Saiveljärvi .....	31
4.2.3. Kohde 3, Vajuskosken allas .....	32
4.2.4. Kohde 4, Mataraojan alapuolinen piste .....	32
4.2.5. Kohde 5 Kersilö .....	32
4.3. Menetelmät: Käytetyt ohjelmistot ja työkalut .....	33
5. TULOKSET .....	34
5.1. Pitoisuuksien jakautuminen alueella ja vertailu purovesien yleiseen tasoon .....	34
5.2. Mataraoja .....	37
5.2.1. Mataraojan pohjoisosa .....	37
5.2.2. Mataraojan keskiosa .....	41
5.2.3. Mataraojan eteläosa .....	46
5.3. Saiveljärvi .....	50
5.4. Vajuskosken allas .....	55
5.5. Mataraojan alapuolinen piste .....	59
5.6. Kersilö .....	64
6. TULOSTEN TARKASTELU .....	69

6.1. Mataraoja.....	69
6.1.1. Pohjoisosa .....	69
6.1.2. Keskiosa.....	71
6.1.3. Eteläosa.....	72
6.2. Saiveljärvi.....	74
6.3. Vajukosken allas.....	75
6.4. Mataraojan alapuolinen piste.....	76
6.5. Kersilö .....	77
6.6. Tulosten luotettavuus .....	78
6.7. Virhelähteet .....	79
7. JOHTOPÄÄTÖKSET .....	81
8. YHTEENVETO .....	84
LÄHTEET .....	85
LIITTEET	

#### LIITTEET:

- Liite 1. Mataraojan pohjoisosan tulokset
- Liite 2. Mataraojan keskiosan tulokset
- Liite 3. Mataraojan eteläosan tulokset
- Liite 4. Saiveljärven tulokset
- Liite 5. Vajukosken tulokset
- Liite 6. Mataraojan alapuolisen pisteen tulokset
- Liite 7. Kersilön tulokset
- Liite 8. Vajukosken virtaamat eri vuosilta
- Liite 9. Pitoisuuksien jakautuminen Kevitsan alueella

## 1. JOHDANTO

Suomi sijaitsee Fennoskandian kilpialueella, joka on malmipotentialtaan Euroopan huomattavimpia. Suomessa on toiminut useita kaivoksia vuosisatojen varrella ja vuonna 2017 Suomessa toimi yhdeksän metallimalmikaivosta ja 35 muuta kaivosta (GTK 2018). Suomen kaivostoiminta on tällä hetkellä voimakkaimmillaan ja metallimalmeja louhittiin vuonna 2017 enemmän kuin koskaan Suomen historian aikana. Kevitsan kaivoksen kokonaislouhinta (malmi- ja sivukivi) oli vuonna 2017 maan suurin.

Kaivosteollisuuden kukoistus lisää tarvetta ympäristövaikutusten arvioinnille. Kaivostoiminta kuormittaa ympäristöä muun muassa melu- ja pölypäästöillä, vesistökuormituksella sekä se myös aiheuttaa yleensä laajan maisemallisen haitan. Vesistökuormitus on kaivostoiminnan merkittävin ympäristövaikutus. Kaivostoiminnan käyttämä vesi pyritään puhdistamaan kaivoksella, mutta vesistöihin voi silti päätyä ympäristöä kuormittavia aineita kaivoksen kuivanapitovesien, tuotantoprosessin tai sivukivien ja rikastushiekan varastoinnin kautta (Kauppila et al. 2011). Vesistökuormitusta seurataan vesinäytteenotolla kaivosalueella ja sen lähiympäristössä luonnonvesistä ja tarkkailukaivoista. Seurantaa tehdään jatkuvasti ympäristöluvan määräämänä.

Suomessa toimivat kaivokset, kuten Kevitsan kaivos, hyödyntävät metallien rikastamisessa kokonaismäärällisesti paljon sulfidimalmia, jossa metallit ovat sitoutuneet rikin kanssa. Tällöin voi syntyä sulfaatin hapettuessa, etenkin sivu- ja rikastushiekka-altaissa, happamia valumavesiä (ARD = acid rock drainage), mikä on sulfidikaivosten yleisin ongelma (Toropainen 2006). Geologian tutkimuskeskuksen (GTK) vuosina 2013-2014 toteutetussa Sulka-projektissa arvioitiin rikin yhdisteiden ympäristövaikutuksia kaivosalueilla (Pietilä et al. 2014). Rikkiä esiintyy metallien tuottamisen jokaisessa vaiheessa ja se esiintyy erilaisina yhdisteinä, kuten sulfidina, sulfaattina tai sulfiittina. Projektin päämäärä oli saada lisätietoa rikin ympäristövaikutuksista, kehittää tapoja rikkiyhdisteiden analysointiin sekä kuinka kaivostoiminnassa voidaan minimoida rikkipäästöt (Pietilä et al. 2014).

Kaivostoiminnan vesistöriskit pyritään ottamaan huomioon entistä paremmin etenkin ympäristöonnettomuuksien - kuten Talvivaaran kipsisakka-altaan vuodon - jälkeen.

Suomen ympäristökeskus (SYKE), yhteistyössä GTK:n ja monen muun tahon kanssa, tutki vuosina 2013-2015 kaivosvesien parempaa hallintaa Kestävä kaivosteollisuus -hankkeessa (SAM). Hankkeen päätavoite on lisätä kaivostoiminnan hyväksyttävyyttä ja kestävän kehityksen periaatteita kaivostoiminnassa. Hankkeessa selvitettiin, kuinka pinta- ja pohjaveden yhteys tulisi huomioida paremmin vedenpilaantumisen estämiseksi ja kuinka kallioruhjeet ovat osana kaivokselta purkautuvien vesien kulkureittejä. (SYKE 2013)

Kaivosten ympäristövaikutuksia tutkittiin myös 2016 alkaneessa Lapin Kaiku -projektissa (Hatakka et al. 2019), jonka tavoite oli lisätä hyödynnettävissä olevaa ympäristötietoa Lapin kaivoshankkeiden ympäristövaikutuksien vähentämiseksi. Projekti tehtiin yhteistyössä GTK:n ja SYKE:n kanssa ja se koostui neljästä työpaketista: projektihallinto, malminetsintä ja kaivostoiminta, luonnonympäristö: maaperä ja pohjavesi ja luonnonympäristö: joet ja purot. Tutkielmani liittyy luonnonympäristö: maaperä ja pohjavesi -työpakettiin.

Tässä työssä tullaan käsittelemään ja tulkitsemaan erilaisia vesistöaineistoja Kevitsan kaivoksen alueelta. Tarkastelussa käytän GTK:n Sulka-projektin vuonna 2014 julkaistua vesistöaineistoa. Sulka-projektin aineiston lisäksi tulen käyttämään SYKE:n avoimen tiedon Hertta-palvelua ja GTK:n Hakku-palvelua vertailuaineiston hankkimiseksi. Työn päätarkoitus on tarkastella pitoisuuksien muutoksia ennen kaivoshankkeen alkua ja sen toiminnan aikana ja pohtia muiden tekijöiden, kuten metsätalouden ja muun maanmuokkauksen osuutta pitoisuuksien nousuun.

## 2. KAIVOSTOIMINTA OSANA YHTEISKUNTAA

Suomessa kaivostoiminnalla on pitkä historia. Ensimmäiset kaivokset aloittivat toimintansa 1560-luvulla, jonka jälkeen Suomessa metallimalmeja ja teollisuusmineraaleja on louhinut yli tuhat kaivosta (Kauppila et al. 2011). Kaivostoimintaan liittyy keskeisenä asiana niiden ympäristövaikutukset, joita säännellään mm. ympäristö- ja kaivoslainsäädännöillä. Ympäristön- ja luonnonsuojelua ohjaa luonnonsuojelulaki (1096/1996) ja ympäristönsuojelulaki (86/2000). Kaivosta ja mineraalien hyödyntämistä sekä malminetsintää ohjaa vuodelta 1965 peräisin oleva ja vuonna 2011 uudistettu kaivoslaki (621/2011).

### 2.1. Kaivostoiminnan vaiheet

Kaivostoiminnan elinkaari koostuu tiivistettynä: malminetsinnästä, kaivoksen avaamisprosessista, tuotantovaiheesta ja kaivoksen sulkemisesta. Kaivoshanke alkaa monivaiheisesta malminetsinnästä, joka on usein vuosia tai vuosikymmeniä kestävä prosessi. Malminetsintä alkaa aluevalinnasta ja sitä koskevista alueellisista tutkimuksista, joiden avulla malmipotentialtaan hyödynnettävä alue rajataan tarkempaan malminetsintään soveltuvaksi. Alueellisiin tutkimuksiin käytetään usein jo valmiina olevaa geologista, geokemiallista tai geofysikaalista tutkimusaineistoa. Kohteen tarkentumisen yhteydessä tehdään yleensä varausilmoitus kaivosviranomaiselle eli Tukesille. Malminetsintää voi nykyisen kaivoslain (621/2011) mukaan harjoittaa ilman malminetsintälupaa, jos se voidaan toteuttaa lain §7 puitteissa. Malmietsintäluvan tarvitsee silloin, kun kiinteistönomistajan lupaa ei ole saatu tai etsintä 1) aiheuttaa haittaa ihmisen terveydelle, turvallisuudelle tai elinkeinotoiminnalle tai heikentää maisemallisia tai luonnonsuojelullisia arvoja, 2) malmietsinnän kohteena on uraani- tai toriumesiintymän paikallistaminen tai 3) etsintään haluaa etuoikeuden esiintymän hyödyntämiseen. (Finlex 2011)

Malmiesiintymän paikallistuttua Suomeen rekisteröity yritys voi hakea kaivoslupaa alueelle. Kaivoslupan edellytyksenä on, että esiintymä on kooltaan, pitoisuudeltaan ja muilta ominaisuuksiltaan hyödyntämiskelpoista (Tukes 2018). Kaivoslupa oikeuttaa haltijan hyödyntämään 1) alueen kaivosmineraaleja, 2) kaivostoiminnan sivutuotteita, kuten pintamateriaalia, ylijäämäkiveä ja rikastushiekkaa ja 3) muita kallio- ja maaperän aineksia tarpeen mukaan. Kaivoslupa velvoittaa myös haltijan huolehtimaan, että haittaa



ei koidu ihmisten terveydelle, yleiselle turvallisuudelle, yleiselle tai yksityiselle edulle sekä siitä että kaivosmineraalit hyödynnetään tehokkaasti ja mahdollinen kaivosalueen tuleva käyttö huomioidaan (Finlex 2011).

Kaivoksen rakentamiseen ja tuotannon aloittamiseen yrityksen pitää hakea kaivosturvallisuuslupaa ja ympäristölupaa (Tukes 2018). Lupa-asioiden lisäksi kaivoksen toimija vastaa ympäristövaikutusten arvioinnista (YVA) ja siihen liittyvistä selvityksistä (Finlex 2017). YVA-menettely perustuu YVA-lakiin (252/2017) ja selvityksen toimija yleensä teettää konsulttipalvelun avulla (Jantunen ja Kauppila 2015). Menettely koostuu arviointiohjelma- ja selostusvaiheesta, joka sisältää kuvauksen hankkeesta ja sen vaihtoehtoista, alueen nykytilasta ja vaikutusten arvioinnista, jonka tulee kattaa koko hankkeen elinkaaren kaivoksen rakentamisesta sen sulkemiseen (Jantunen ja Kauppila 2015).

Kaivoksen toimintavaihe käsittää kaivosinfrastruktuurin rakentamisen (liikenne, sähkölinjat, käsittelyrakennukset ja läjitysalueet) ja siihen kuluu aikaa yleensä noin kaksi vuotta (Kauppila et al. 2015). Malminlouhinta suoritetaan joko maanpäällisenä avolouhoksena tai maanalaisena. Louhinnan sivutuotteena syntyvä sivukiviaines varastoidaan kaivosalueelle, mutta sitä käytetään myös maanrakennuksessa tai esimerkiksi louhoksen tunnelien tukemisessa (Heikkilä ja Noras 2005). Louhitun malmin rikastusprosessi alkaa kiviaineksen hienonnuksesta, jossa arvomineraalit erotetaan fysikaalisin ja kemiallisin menetelmin, magneettisesti, sähköstaattisesti, uuttamalla tai vaahdottamalla (Heikkilä ja Noras 2005). Hienonnuksen jälkeen erotettu rikaste varastoidaan kaivosalueelle kasoiksi ja siitä edelleen hyödynnettäviksi sulatoille, joissa arvoaines erotetaan metalleiksi (Heikkilä ja Noras 2006). Rikastusprosessin sivutuotteena syntyvä kiviainesjäte, rikastushiekka, läjitetään padottuihin altaisiin. Joissakin tapauksissa rikastushiekkaa voidaan käyttää täyttöaineena tai maanrakentamisessa.

Kaivoksen elinikä riippuu malmiesiintymän koosta ja laadusta sekä markkinahinnoista. Tuotanto voi pysähtyä myös hetkellisesti markkinatalouden vaihdellessa. Malmiesiintymän ehdyttyä ja kaivostoiminnan lopettamisesta tehdyn päätöksen jälkeen toimintaa ryhdytään ajamaan alas. Alasajossa voi kesää vuosista vuosikymmeniin ja siinä otetaan toiminnan lopetuksen lisäksi huomioon alueen jälkihoito, maisemointi ja mahdollisten ympäristöhaittojen koituminen tulevaisuudessa. Jälkihoito jatkuu kaivosalueella yleensä useita vuosia seurantana. (Heikkinen ja Noras 2005)

Kaivoslain 621/2011 §143 velvoittaa toimijan saattamaan, viimeistään kahden vuoden kuluessa, kaivosalueen kuntoon, joka noudattaa yleisen turvallisuuden velvoitteita sekä huolehtimaan niiden kunnostamisesta ja siistimisestä. Kaivosalueen rakennukset ja louhitut kaivosmineraalikasat kaivostoimija saa pitää paikallaan kahden vuoden ajan toiminnan päätyttyä, jonka jälkeen ne kaivoslain §144 mukaan siirtyvät kiinteistön omistajalle. Kiinteistön omistajalla on tämän jälkeen oikeus vaatia rakennelmien ja mineraaliainesten poistamista toiminnanharjoittajan kustannuksella. Lopettamistoimenpiteisiin kuuluu toimittaa kaivosviranomaisille kahden vuoden sisällä lopettamisesta kaivoskartta, raportti tehdyistä lopettamistoimenpiteistä ja geologiset tietoaineistot kaivosalueelta. (Finlex 2011)

## **2.2. Kaivostoiminnan ympäristövaikutukset**

Kaivostoiminta voi vaikuttaa ympäristöön välillisesti sekä välittömästi. Ympäristölle aiheutuvat vaikutukset riippuvat kaivoksen tyypistä ja toiminnan vaiheesta, louhittavasta malmista ja alueen ympäristöstä. Luonnonympäristön vaikutuksien kohteina ovat maaperä, vesistöt, kasvillisuus, ilman laatu, eliöt ja luonnon monimuotoisuus. Ympäristövaikutuksien tarkastelussa huomioidaan myös ihmisten elinolot, terveys, viihtyvyys ja luonnonvarojen käyttö sekä muutokset yhdyskuntarakenteessa, maisemassa, kaupunkikuvassa ja kulttuuriperinnössä (Kauppila et al. 2015). Kaivoksien hyödyntämät malmit voidaan ympäristövaikutusten mukaan jakaa sulfidi- ja oksidimalmeihin, teollisuusmineraaleihin ja luonnonkiviin (Heikkinen ja Noras 2005). Sulfidimalmin louhinta ja käsittely on yleensä ympäristövaikutuksiltaan haitallisinta, kuten Kevitsan tapauksessa.

Malminetsinnän jäljet eivät yleensä näy kovinkaan pitkään ympäristössä ja etsinnän suurimmat vaikutukset aiheutuvat pintakasvillisuuteen maastossa jalkaisin tai ajoneuvon kanssa kulkemisesta, näytteenotosta tai mittauslinjoista. Tutkimuksen edetessä ympäristön maisema muuttuu mahdollisien tutkimuskaivantojen, kallioperäkairausten ja koelouhosten vaatiessa puiden ja pensaiden kaatamista ja maa- ja kallioperän muokkausta. Koelouhinta voi alentaa paikallisesti pohjavedenpintaa ja vaikuttaa ympäristön vesitalouteen hetkellisesti (Kauppila et al. 2015). Tutkimusojitus, metsäojitus ja muu maanmuokkaus voi aiheuttaa myös pintamaan aineksen hapettumista ja siitä

johtuvaa ionien vapautumista vesistöihin, mikä näkyy suolapitoisuuden kasvuna (Pietilä et al. 2014).

Rakentamisvaiheen ympäristövaikutukset ovat huomattavimmat kaivoksen elinkaaren aikana, verrattuna muihin kaivoksen vaiheisiin. Kaivosalue muuttaa luonnontilaisen maiseman nopeasti teollisuusalueeksi, jonka vaikutukset ulottuvat maiseman, luonnon monimuotoisuuden ja elinolojen lisäksi pohja- ja pintavesien korkeuksiin, laatuun sekä käyttömahdollisuuksiin (Kauppila et al. 2015). Kaivoksen tyyppi, sijainti ja esiintymän piirteet (malmityyppi) ovat olennainen osa vaikutusten laajuuteen ja laatuun (Kauppila et al. 2015). Kaivoksen tyypillä on suurin maisemallinen vaikutus, esimerkiksi kaivoksen toiminta maanalaisena kaivoksena ei vaikuta maisemaan yhtä laajasti kuin avolouhoksena toiminta. Tällöin ei myöskään kerry yhtä paljon sivukivijätettä, joka on maisemallisen haitan lisäksi myös ympäristön pilaantumisen kannalta ongelmallista. Kaivostoiminta ja siitä johtuva lisääntynyt liikenne aiheuttaa myös melua ja pölyä alueella.

Tuotantovaiheen aikana kaivoksen suurimmat vaikutukset luonnonympäristöön ovat pölyäminen ja vesistöihin kohdistuvat muutokset. Avolouhoksen kaivannaisjätteiden läjitysalueet aiheuttavat maisemallisen haitan lisäksi myös suurimman riskin vesistökuormitukselle sulfidimalmikaivoksilla (Kauppila et al. 2011). Pölyäminen vaikuttaa vesistöjen sameuteen ja kasvien elinoloihin. Sen lisäksi mineraalipöly voi, malmista riippuen, sisältää haitallisia metalleja ja mineraaleja, jotka vaikuttavat maaperän happamuuteen ja siitä edelleen pinta- ja pohjavesien ja kasvillisuuden laatuun (Kauppila et al. 2015). Näiden lisäksi kaivoksen liikenteestä (pakokaasut), räjäytyksistä ja malmin prosessoinnista peräisin olevat kaasut voivat lisätä vesistöjen happamuutta ja ravinnekuormaa, haitata kasvillisuuden ja eliöstön elinoloja sekä vaikuttaa ihmisten viihtyvyyteen (Kauppila et al. 2011).

Kaivoksen sulkemisen jälkeen päästöjen määrä vähenee verrattuna toimintavaiheeseen. Kaivoksesta jäljelle jääneistä louhostiloista voi kuitenkin purkautua kaivosvesiä ylivuotona tai suotautumalla kallion huokostilojen kautta. Myös toiminnan tuotteena jäljelle jääneistä kaivannaisjättekasoista voi suotautua valumavesiä reunapatojen tai kasojen pohjan läpi vielä pitkään kaivoksen sulkemisen jälkeen. Valuman määrään vaikuttaa varastokasojen rakenteiden vedenläpäisevyys ja alueen sadannan määrä. Vanhoilla jo suljetuilla kaivoksilla, joilla ei ole käytetty nykylain mukaisia alueen loppukäsittelymenettelyjä, voi vesikuormituksen lisäksi aiheutua rikastushiekka-alueiden

pölyämistä. Tällaisten jälkihoitamattomien kaivosten rikastushiekkakasojen pöly voi sisältää ympäristölle haitallisia raskasmetalleja, puolimetalleja ja sulfidimineraaleja. (Kauppila et al. 2011)

### **2.3. Kaivostoiminnan kuormitukset vesistöille**

Vesistöjen kuormitus aiheutuu kaivokselta purkautuvista vesistä, jotka ovat suurimmaksi osaksi peräisin kaivannaisjätteiden läjitysalueilta, louhoksen kuivanapitovesistä, rikastusprosessista ja jätevesistä. Kuormituksen suuruus riippuu eniten louhittavan malmin tyypistä, käytettävistä menetelmistä ja vesien käsittelystä. Vesistöjen kemiallisiin muutoksiin voi vaikuttaa myös kemikaalien tai ongelmajätteiden varastoinnista ja käsittelystä alueella tai koneiden ja laitteiden huolto- ja korjaustöistä, joista kemikaaleja saattaa imeytyä maaperään ja siitä edelleen vesistöihin. Pohjavesien pilaantumisriski on suurin alueilla, joilla rikastushiekka ja sivukivikasat on varastoitu hyvin vettä läpäisevän maaperän päälle. (Heikkinen ja Noras 2005)

Kaivoksen kuivanapitopumppaus alentaa pohjavedenpintaa, mistä voi aiheutua talousvesikaivojen kuivumisia sekä pohjaveden virtaussuuntien muutoksia kaivoksen ympäristössä (Heikkilä ja Noras 2005). Malmin irrottaminen räjäyttämällä voi Kauppilan et al. (2001) mukaan vaikuttaa kallioperän rakoihin ja muuttaa kallioperän hydraulisia ominaisuuksiin ja siten myös virtaussuuntia. Kaivoksen raakavedenotto voi alentaa raakavesilähteiden vedenpinnantasoja, mikä voi aiheuttaa kasvi- ja eläinlajien harventumista alueella. Kaivokselta voi purkautua ympäristöön haitta-aineita myös porauksessa, jäähdytyksessä ja huuhtelussa käytetyistä vesistä, jotka voivat sisältää kiintoaineiden ja malmista peräisin olevien haitallisten aineiden lisäksi myös kemikaalijäämiä räjähteistä ja voiteluaineista. (Heikkinen ja Noras 2005). Kaivoksien veden käyttö on usein suljettu tai osittain suljettu, jolloin prosessivettä kierrätetään selkeytysaltaiden kautta takaisin käyttöön. Heikkisen ja Noraksen (2005) mukaan vettä lasketaan vesistöihin usein vain sateisina kausina, jolloin selkeytysaltaiden varastointitila on rajallinen ja juoksutettavan veden aiheuttama kuormitus vesistöön on vähäisempi laimenemisen vuoksi.

### *2.3.1. Happamat valumavedet*

Sulfidimalmin tuotannossa, kuten aiemmin mainittiin, tyypillisin vaikutus on pintavesien happamoituminen ja haitallisten metalli- ja sulfaattipitoisuuksien kasvu vesistöissä. Sulfidimineraalit ovat maanpinnan olosuhteissa, veden ja hapen läsnä ollessa, rapautumisherkkiä, mistä seuraa metalleista, puolimetalleista ja sulfaateista koostuvia happamia valumavesiä (acid rock drainage = ARD). Sulfidimineraalien aiheuttama happamuus liuottaa ympäristönsä muiden kivilajien mineraaleista metalleja. Sulfidimineraalit pääsevät hapettumaan mm. louhoksen seinämissä, rikastusprosessissa, varastokasoissa sekä pölynä levinneenä muilla alueilla. (Kauppila et al. 2011)

Sulfidimineraalien hapettumisessa muodostuneen happaman valumaveden happamuus riippuu kivilajin mineraalikoostumuksesta ja niiden liukoisuudesta. Hapettueessaan osa mineraaleista lisää veden happamuutta ja osa taas neutraloi sitä. Mineraalien liukoisuuteen vaikuttaa mineraalirakeiden muoto, esiintymistapa, raekoko ja ympäristön luonnollinen happamuus (Kauppila et al. 2011). Huomattavimmat happamuutta aiheuttavat mineraalit ovat rikkikiisu, magneetikiisu, lyijyhohde, kuparikiisu ja sinkkivälke. Happamuutta neutraloivia mineraaleja ovat taas karbonaatit, kuten kalsiitti ja dolomiitti (Toropainen 2006).

### *2.3.2. Kaivostoiminnan haitta-aineet*

Kaivostoiminnan ilmeisten ympäristöä kuormittavien aineiden lisäksi syntyy myös muita haitta-aineita, kuten typpeä. Typpi on peräisin räjähdysaineista ja sen poistaminen on monimutkainen ja kallis toteuttaa, minkä vuoksi typen poistomenetelmät eivät ole yleisesti käytössä kaivosteollisuudessa (Kauppila et al. 2011). Myös muut räjähdysainejäämät, kuten ammoniumnitraatti, ovat ongelmallisia, jos niitä esiintyy suurina määrinä puhdistettavissa vesissä. Kun kemiallisessa vesienkäsittelyssä nostetaan pH:ta metallien saostumisen parantamiseksi, ammoniumnitraatista vapautuu ammoniakkia, joka on pieninäkin pitoisuuksina vaarallista vesieliöille (Kauppila et al. 2011). Typen määrään voidaan vaikuttaa käyttämällä emulsioräjähteitä, joiden sisältämä typpi liukenee heikommin veteen kuin perinteisien räjähteiden.

## 2.4. Ympäristönkuormituksen tarkkailu kaivosalueilla

Ympäristönsuojelulaki velvoittaa kaivostoiminnan harjoittajan olemaan selvillä toimintansa ympäristövaikutuksista ja -riskeistä. Ympäristönsuojelulain (527/2014) 62 §:ssä säädetään myös, että ympäristöluvassa on annettava tarpeelliset määräykset päästöjen tarkkailusta. Ympäristövaikutusten tarkkailua kaivosalueilla tekee ympäristölupien määräysten mukaisesti siis kaivostoiminnan harjoittaja. (Finlex 2014)

Tarkkailu jakautuu kaivoksen toiminnan eri vaiheisiin kaivoksen rakentamisen aikaiseen tarkkailuun, toiminnan aikaiseen päästötarkkailuun, käyttötarkkailuun ja ympäristövaikutusten tarkkailuun sekä toiminnan jälkeiseen päästötarkkailuun ja vaikutustarkkailuun. Toiminnanharjoittaja laatii tarkkailusuunnitelman, joka hyväksytään valvontaviranomaisen toimesta. Lupasäädösten vaatimien tarkkailuvelvoitteiden lisäksi kaivostoimija tekee yleensä myös omaehtoista tarkkailua esimerkiksi kaivosyhtiön omien käytänteiden mukaisesti. (Kauppila et al. 2011)

Ympäristölupa edellyttää toiminnan aikaisen päästötarkkailun suoritettavan toiminnanharjoittajan palkkaaman konsultin toimesta. Tarkkailua tekevä konsultti ottaa ja analysoi näytteet ja toimittaa ne viranomaisille. Päästötarkkailu sisältää vesi-, ilma-, melu- ja värinäpäästöt sekä toiminnasta syntyvien jätteiden määrän ja laadun tarkkailun. Toiminnan aikana säännöllisen ympäristövaikutusten tarkkailun kohteena ovat pintavedet, pohjavedet, melu, ilman laatu ja värinä. Edellisen lisäksi vaikutustarkkailuja tehdään projektiluontoisesti vesistöihin, kasvillisuuteen, eliöstöön ja maaperään.

Vesientarkkailu on tärkein ympäristövaikutusten tarkkailun kohde, kun halutaan nopeimmin saada tietoa kaivoksen prosessien toimivuudesta. Alkuaineet ja yhdisteet kulkeutuvat vesikierron kautta helpoimmin kaivosalueelta ympäristöön.

### 3. KEVITSAN KAIVOS JA LÄHIYMPÄRISTÖ

Kevitsan kaivos on sulfidimalmikaivos, joka toimii Sodankylän kunnassa. Kaivoshanke sai toiminnan aloittamiselle luvan heinäkuussa 2009 ja kaivoksen rakentaminen aloitettiin toukokuussa 2010 (ELY 2010). Kaivoksen malmituotanto käynnistyi kesällä 2012 (Pöyry 2018). Ennen kaivoksen perustamista alueella tehtiin useita kartoituksia ja malmietsintöjä 1960-luvulta lähtien. Malmietsintä kiihtyi vuosina 1973 ja 1983, kun alueen läheisyydestä löytyi siirtolohkareita, jotka antoivat viitteitä mahdollisesti hyödynnettävissä olevasta Ni-Cu-sulfidi esiintymästä (Mutanen 1997).

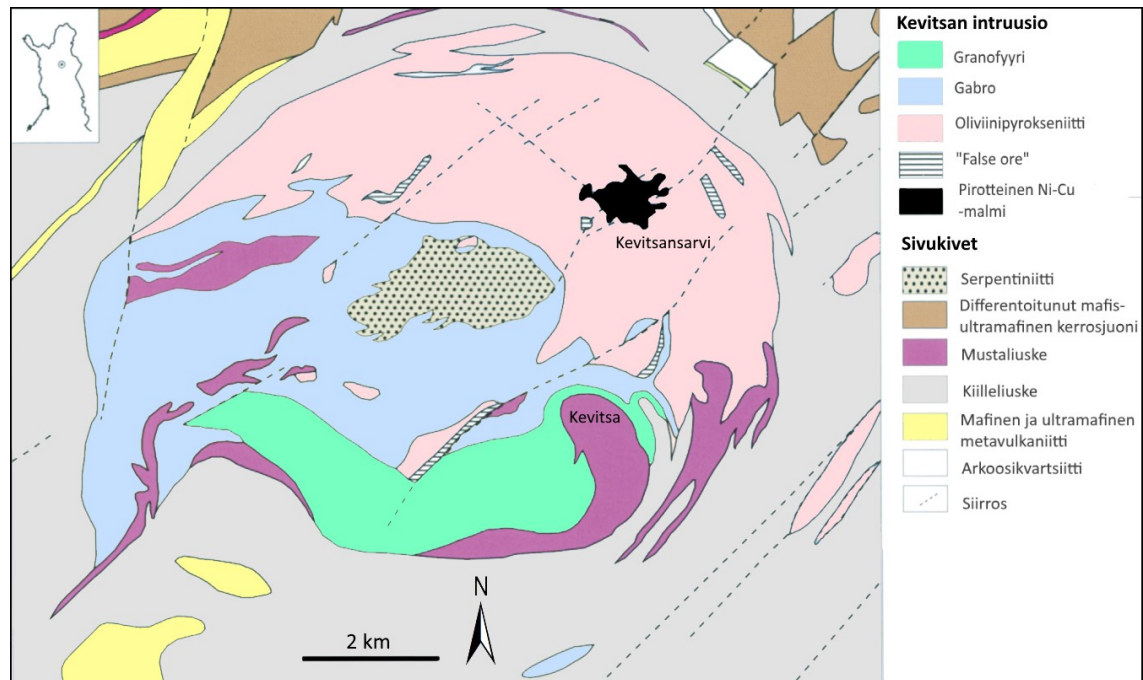
#### 3.1 Alueen kallioperä

Kevitsan kaivosalue (käytetään myös nimeä Keivitsa ja Keivitsansarvi) sijaitsee Keski-Lapissa, noin 35 km Sodankylästä pohjoiseen päin. Malmiesiintymä ja kaivos on nimetty Keivitsa-nimisen vaaran mukaan. Alue kuuluu Keski-Lapin vihreäkivivyöhykkeeseen, joka pääosin koostuu vulkaanisista kivistä ja ultramafisista intruusioista. Lapin liuskevyöhyke jaetaan kuuteen litostratigrafiseen ryhmään, jotka ovat nuorimmasta vanhimpaan Kumpu, Kittilä, Savukoski, Sodankylä, Kuusamo ja Salla ryhmät (Räsänen 2008). Liuskevyöhyke kattaa 100 km x 200 km alueen Keski-Lapissa ja on osa isompaa vihreäkivivyöhykettä, joka ulottuu Norjan rannikolle asti (Hanski ja Huhma 2005).

Kevitsan mafis-ultramafis-intruusio on suhteellisen pieni kokonaisuus alueen muiden intruusiodien ja liuskejaksojen keskuudessa. Laajin ja vanhempaa kallioperän jaksoa edustava kivilajiryhmä on Koitelaisen kerrosintruusio (2,44 Ga) Kevitsan pohjoispuolella (Mutanen ja Huhma 2001). Koitelaisen intruusion eteläpuolella sijaitsevat alueen vanhimmat liuskejaksot Sallan ja Kuusamon ryhmät, jotka koostuvat happamista, intermediäärisistä ja mafisista vulkaniiteista (Räsänen ja Huhma 2001). Savukoski-ryhmä edustaa alueen nuorempaa osaa, jonka vulkanis-sedimenttisiin kivilajeihin Kevitsan intruusio tunkeutui 2,05 miljardia vuotta sitten (Räsänen ja Huhma 2001). Savukoski-ryhmä jaetaan Matarakosken muodostumaan, joka koostuu pääosin fylliiteistä ja mustaliuskeista ja Sattavaaran komatiittisista vulkaniiteista ja basalteista koostuvaan muodostumaan (Mutanen ja Huhma 2001, Pietilä et al. 2014).

Kevitsan intruusio on suppilon muotoinen ja se on pinta-alaltaan noin 17 km<sup>2</sup>. Intruusio koostuu noin 1 km paksuisesta mafis-ultramafisesta yksiköstä ja sen päällä olevasta noin

500 metrin paksuisesta gabroyksiköstä (Santaguida et al. 2015). Intruusion pintaosa voidaan jakaa ultramafiseen pohjoisosaan, eteläisiin gabrofyry- ja gabro-osiin (Mutanen 1997). Esiintymän laaja pirotteinen Ni-Cu-PGE-sulfidimalmikerrostuma sijaitsee intruusion ultramafisen yksikön keskiosassa (Kuva 1).



Kuva 1. Kevitsan intruusion kivilajit. Muokattu Hanskin ja Huhman (2005) kuvasta.

### 3.2 Alueen maaperä

Kevitsan ympäristö kuuluu Keski-Lapin jäänjakajavyöhykkeeseen ja aluetta kattavat laajat soistuneet kentät. Suokenttien lisäksi maisemaa kuvastavat suhteellisen loivat mäet ja vaarat. Sijainnista johtuen alueen glasiaalieroosio on ollut vähäistä. Paljaat kallioalueet ovat jäätikön sulamisvesien ja myöhemmän jokitoiminnan paljastamia. (Manninen et al. 1996)

Alueen korkeuserot ovat enimmäkseen pieniä, mikä on tyypillistä jäänjakajavyöhykkeelle. Korkeimmat kohdat ovat Kevitsanvaara n. 310 metriä ja Satovaaran alue n. 220 -280 metriä merenpinnan yläpuolella. Korkeus Kevitsan malmiesiintymän kohdalla on 220 – 240 metriä merenpinnan yläpuolella. (Pietilä et al. 2014)

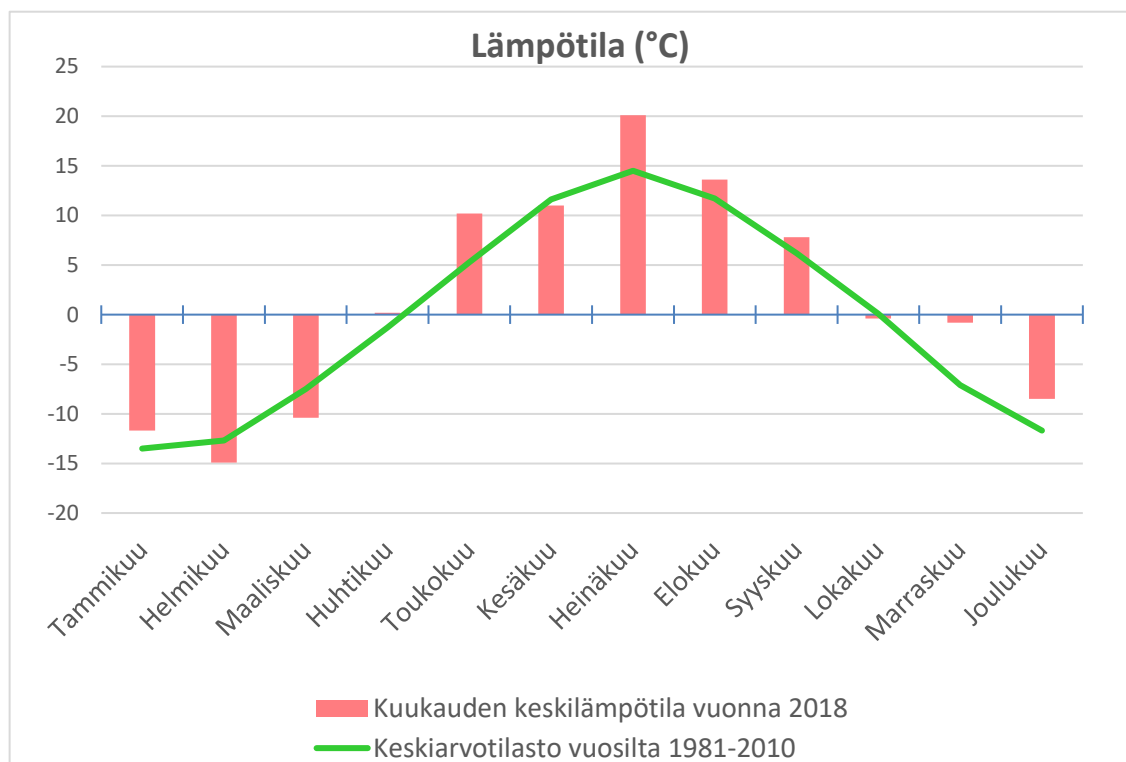




3,4 metriä. Paikoin turvekerrostuma on paksuimmillaan yli 4,2 metriä (Väisänen ja Lanne 2005). Saraturpeen lisäksi esiintyy myös rahkaturvetta vaarojen rinteillä (Pietilä et al. 2014).

### 3.3. Alueen ilmasto ja vesistö

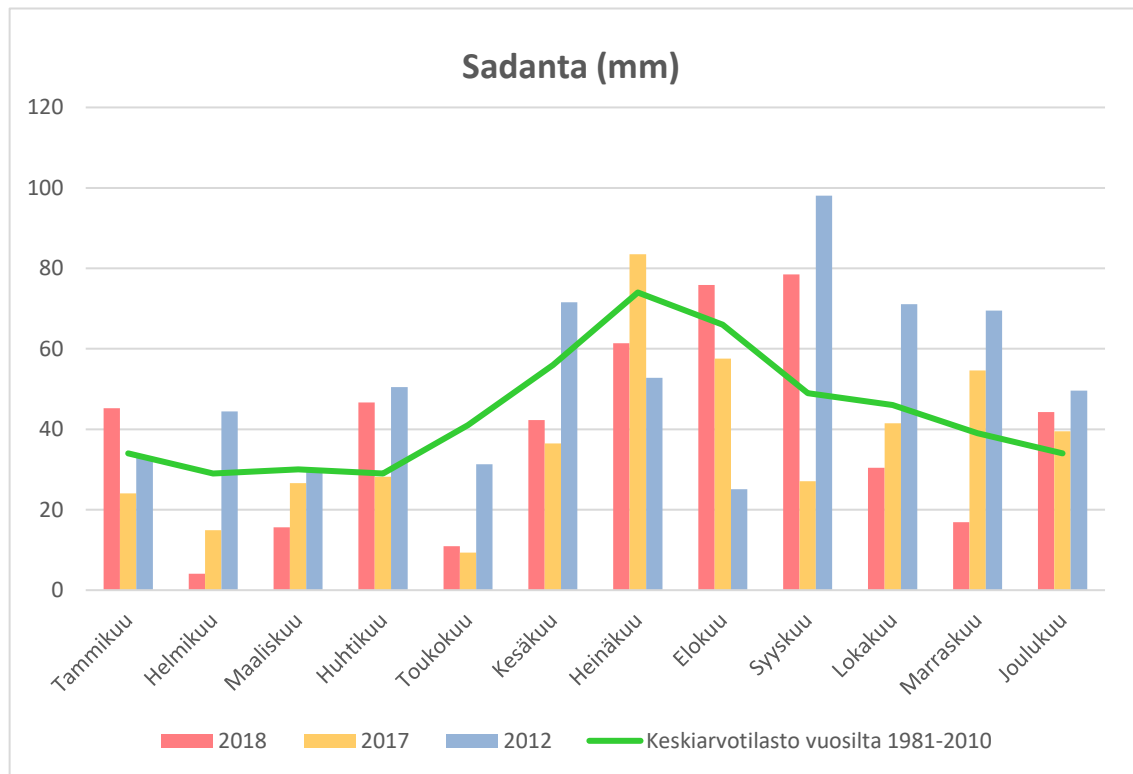
Ohessa esitetty ilmastotieto (Kuva 3 ja Kuva 4) on kerätty Ilmatieteenlaitoksen Sodankylän sääasemalta, joka sijaitsee noin 50 kilometriä kaivokselta etelään. Vuonna 2018 lämpötila oli vuosien 1981-2010 keskiarvoa korkeampi. Sodankylän korkeudella talvikausi kestää noin seitsemän kuukautta. Pysyvä lumi sataa vuosien 1981-2010 keskimääräisen arvion mukaan 15.10. ja sulaa 14.5. (Ilmatieteenlaitos 2019).



Kuva 3. Keskilämpötila Sodankylän alueella vuonna 2018 ja keskiarvo lämpötila vuosilta 1981-2010. Ilmastotiedot ilmatieteenlaitoksen verkkosivulta.

Kitisen virtaama ei edusta luonnontilaista virtaamavaihtelua, vaan virtaamaa säätelee Vajusen padon juoksutuksen säännöstely. Talviaikaan virtaama on suurempaa sähköntarpeen ollessa korkea samoin kuin kevättulvien aiheuttaman ohijuoksutuksen aikaan. Ohijuoksutukset ja tulvat aiheuttavat virtaamadiagrammiin (Liite 8) piikkejä, kuten toukokuun kohdalla on huomattavissa. Syksyisin virtaamassa voi olla korkeita arvoja runsassateisina vuosina. (Ramboll 2017)

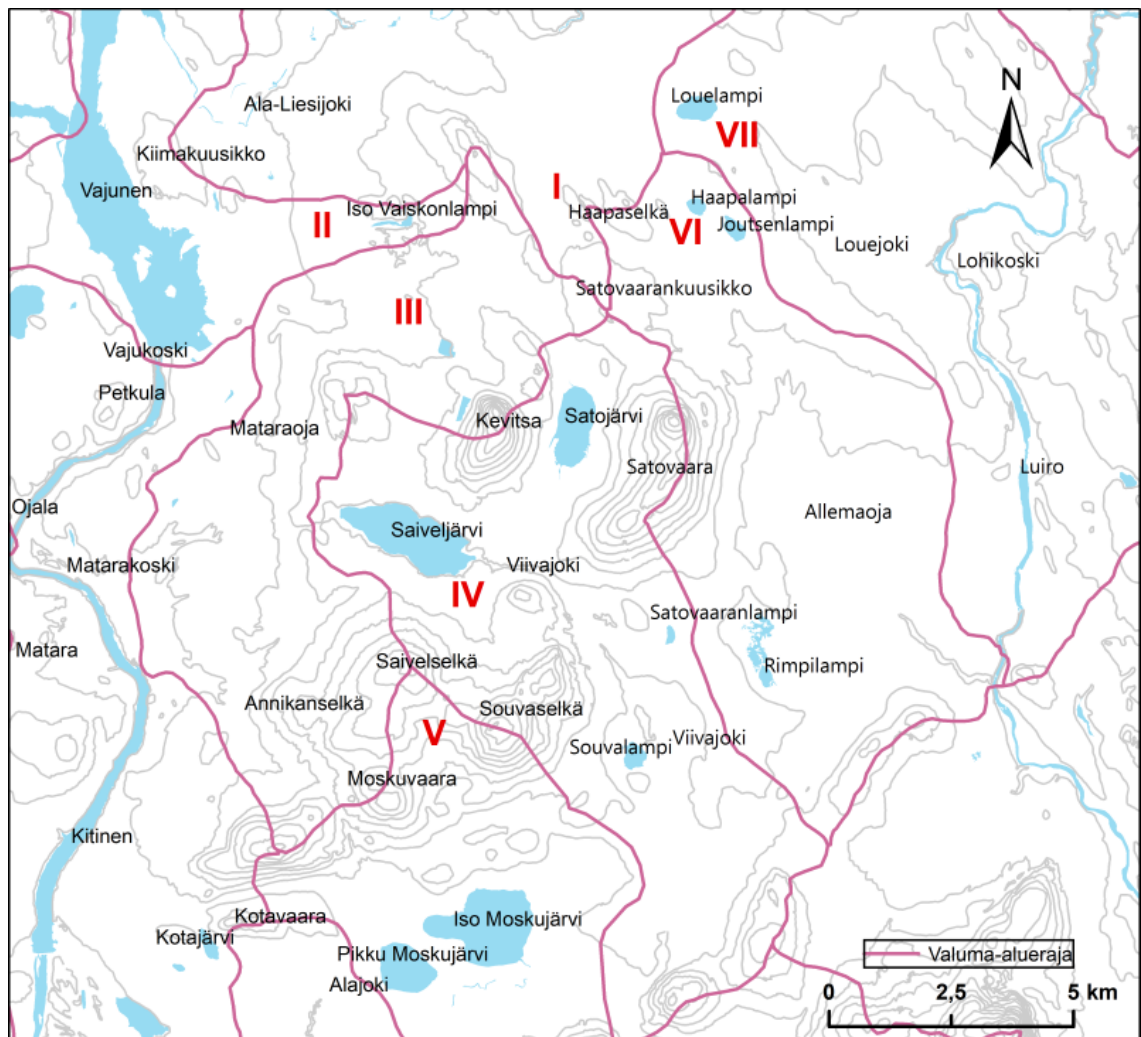
Alueella on vesistöjä melko vähän. Suurimmat järvet ovat Satojärvi ja Saiveljärvi kaivosalueen eteläpuolella. Merkittävin joki alueella on Kemijoen sivujoki Kitinen, joka virtaa kaivoksen länsipuolella. Kitisessä on useita vesivoimaloita, joista lähin on 1984 valmistunut Vajukosken voimalaitos. Alueella muodostuu hienorakeisten maalajien ja ohuen maapeitteen vuoksi pohjavettä vähän (Pietilä et al. 2014).



Kuva 4. Sadanta Sodankylän alueella vuosina 2012, 2017 ja 2018. Sadannan keskiarvotilasto vuosilta 1981-2010 on piirretty vihreänä käyränä. Tiedot ovat peräisin ilmatieteenlaitoksen verkkosivuilta.

Kevitsan kaivosympäristö jakautuu korkeuserojen ja pintavesien virtaussuuntien perusteella seitsemään valuma-alueeseen (Kuva 5). Kaivoksen pohjoispuolisten valuma-alueiden (I ja II) virtaussuunta on pohjoiseen ja luoteeseen Ala-Liesijokeen päin ja sieltä Kitiseen. Luoteisosan (III) valuma-alue virtaa länteen Mataraojaan ja sieltä Kitiseen. Itä- ja koillisalueiden (VI ja VII) valuma-alueet virtaavat itään ja kaakkoon ja laskevat Luiroon. Alueen keski- ja eteläosien (IV) virtaussuunta on etelään ja kaakkoon Viivajoen, Ympärysjoen, Ylijoen ja Kelujoen kautta Kitiseen. Lounaisosan (V) valuma-alue virtaa

etelään Isoon Moskujärveen ja edelleen Ympärysjoen, Ylijoen ja Kelujoen kautta Kitiseen. (Väisänen ja Lanne 2005)



Kuva 5. Valuma-aluejako Väisänen ja Lanteen (2005) mukaan. Valuma-aluejako on Suomen ympäristökeskuksen aineistoa. Pohjakarttana Maanmittauslaitoksen aineisto.

Kaivosalueen ja Satojärven välillä on vedenjakaja Kevitsansarven ja Kevitsan vaaran kohdilla. Vedenjakaja ohjaa sen itäpuolisen virtauksen Satojärveen ja länsipuolisen virtauksen Kitiseen. Tämä vedenjakaja estää pohjaveden virtauksen sen itäpuolelle (Pietilä et al. 2014). Veden virtauksiin kaivosalueelta vaikuttaa Väisänen ja Lanteen (2005) mukaan luoteis-kaakkosuuntainen murrosvyöhyke, jonka mahdollisesti avoimet raot olisivat vettä hyvin johtavia. Siirrosrakojen ollessa yhteydessä louhosalueelle aiheuttaisi hydraulinen gradientti veden virtaamisen louhokseen ja näin ollen estäen haitta-aineiden leviämisen muualle (Väisänen ja Lanne 2005).

Pohjavedet Kevitsan alueella ovat yleispiirteisesti neutraaleita tai lievästi happamia. Lähin luokiteltu pohjavesialue (III-luokka) sijaitsee Moskuvaaran alueella (Pöyry 2011).

Mannisen et al. (1996) vuonna 1994 ottamien pohjavesinäytteiden pH:n keskiarvo oli 6,8 ja pintavesien 7,2. Sähköjohtavuudeltaan pinta- ja pohjavedet olivat vuoden 1994 tutkimuksissa matalia, mikä osoittaa vesiin liuenneiden elektrolyyttien vähäisyyden. Muutamissa näytteissä oli suuria pitoisuuksia alumiinia, nikkeliä ja rautaa (Manninen et al. 1996).

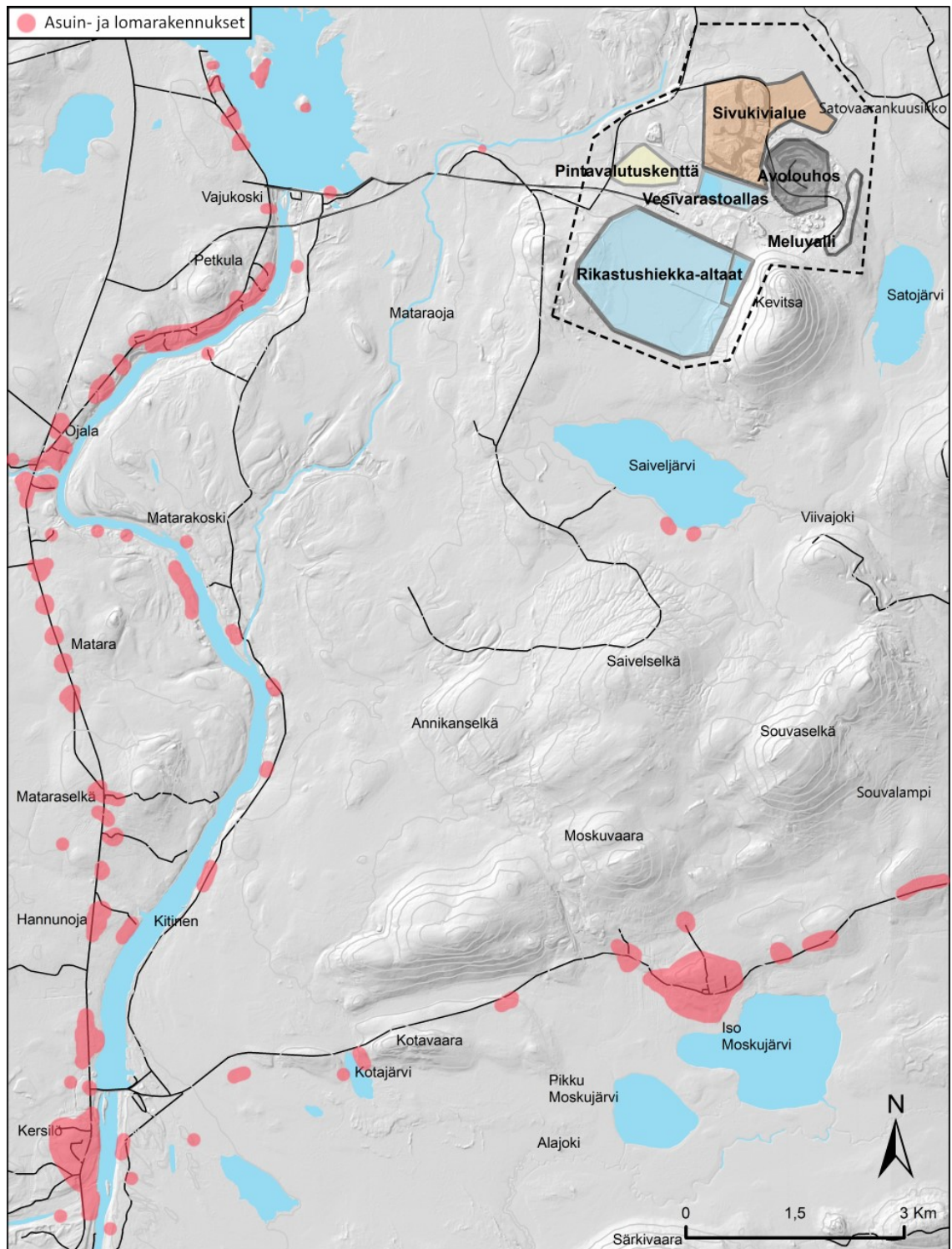
### **3.4. Alueen muu käyttö ja pintavesien hajakuormituksen lähteet**

Sodankylän alueella kaivostoiminnan lisäksi toimii maa- ja metsätalouden, turvetuotannon ja porotalouden harjoittajia. Merkittävin turvetuotantoalue sijaitsee kaukana kaivosalueesta Sodankylän eteläpuolella noin 20 km Sodankylän keskusalueesta (Pöyry 2011). Pääosa kaivosalueesta oli ennen kaivosta maa- ja metsätalouskäytössä ja aluetta on muokattu hakkuin ja ojituksin. Metsätalous on edelleen alueen yksi merkittävin maankäytön muoto porotalouden ohella (Pöyry 2011). Kitisen länsipuolella on toiminut Pahtavaaran kultakaivos vuodesta 1996 alkaen (Lapin liitto 2005). Toiminta kaivoksella on ollut vähäistä 2000-luvulla (YLE 2003 ja 2007). Alueen luonto soveltuu virkistyskäyttöön, kuten marjastukseen, kalastukseen ja metsästykseen. Alueella ei ole valtakunnallisesti tai kunnallisesti arvokkaita perinnemaisemia (Pöyry 2011).

Kaivosalueen läheisyydessä on useista suojelualueita. Alueen itä- ja koillispuolella on vanhojen metsien suojeluohjelmaan kuuluvia alueita, joista etäisyys on lähimmillään 9 km kaivosalueeseen. Soidensuojelualueita sijaitsee kaivosalueen länsi- ja eteläpuolilla noin 8 km etäisyyksillä hankealueesta. Koitelaisen Natura 2000 -alue ja siihen kuuluva Koitelaisen suojelualue on kaivosalueen välittömässä läheisyydessä alueen itäpuolella. (Pöyry 2011)

Mataraojan varrella ja Saiveljärven rannalla on vapaa-ajanasutusta (Ramboll 2015). Pysyvää asutusta on noin viiden kilometrin etäisyydellä kaivosalueesta Petkulan, Kersilön ja Moskuvaaran kylissä. Moskuvaarassa asutus on keskittynyt Iso-Moskujärven rannalle ja Petkulan ja Kersilön kylien asutus on keskittynyt Kitisen jokilaaksoon. Asuin- ja lomarakennuksien keskittyminen alueella on nähtävissä kuvassa 6.





Kuva 6. Asuin- ja lomarakennukset alueella. Rinnevarjostusaineisto ja rakennuksien sijaintitiedot ovat peräisin Maanmittauslaitoksen maastotietokannasta.

### 3.5. Kaivoksen perustaminen ja toiminta

Malminetsinnän läpimurto tapahtui vuonna 1987, jolloin Kevitsan malmiesiintymän pääkohde löydettiin GTK:n toimesta. Löydöksen jälkeen seurasi laaja kahden vuosikymmenen kestävä malminetsintäkampanja (Mutanen 1993, 1997 ja Sataguida et

al. 2015). Päätöksen kaivoksen perustamisesta teki First Quantum Minerals Limited (FQM Ltd) -yhtiö loppuvuonna 2009, jolloin yhtiölle myönnettiin ympäristö- ja vesitalouslupan yhteydessä lupa louhia malmia (5 Mt/a) alueelta (Pöyry 2011). Vuonna 2016 kaivoksen omistus vaihtui kanadalaiselta yhtiöltä ruotsalaiselle Boliden AB -yhtiölle.

Kevitsan kaivos toimii avolouhoksena ja sen syvyys on noin 500 metriä. Kaivoksen tuotto vuonna 2017 oli keskimäärin 30 000 t kuparia, 14 000 t nikkeliä, 21 000 troy unssia kultaa, 33 000 troy unssia palladiumia ja 46 000 troy unssia platinaa. Vuosituotanto Kevitsan kaivoksella oli vuonna 2017 7,9 mt/vuosi. Boliden on ilmoittanut aikovansa kasvattaa kaivoksen tuotannon 9,5 megatonniin vuoteen 2021 mennessä. Tuotannon kasvusta huolimatta kaivoksen arvioitu elinikä on reilu 20 vuotta. (Boliden 2017).

### *3.5.1. Kaivoksen malmi ja rikastusprosessi*

Esiintymän malmi on osa mafis-ultramafis-intruusiota ja koostumukseltaan se on matalapitoinen, piroitteinen rauta-, nikkeli- ja kuparisulfidimalmi, jossa paikoitellen esiintyy myös PGE- ja kultapitoisuuksia. Malmi esiintyy pääosin intruusion oliviinipyrokseeniittikivissä. Kaivoksen päätoiminta perustuu nikkelin ja kuparin rikastamiseen sulfaattirikasteeksi (Pöyry 2011). Kevitsan malmi voidaan Mutasen (1997) mukaan jakaa neljään luokkaan perustuen nikkelpitoisuuteen: 1) normaali malmi, 2) Ni-PGE -malmi (korkea nikkelpitoisuus), 3) kahden edellisen malmityypin välimuoto (koostumuksellisesti ja paikallisesti) ja 4) false ore -tyyppi (silmämääräisesti hyvälaatuisen malmin näköistä, mutta matala nikkelpitoisuus).

Rikastusprosessi koostuu kaivoksella murskauksesta, murskeen välivarastoinnista, jauhatuksesta, kaksivaiheisesta vaahdotuksesta ja rikasteen vedenpoistosta. Vaahdotusprosessissa hienonnetusta malmista erotetaan haluttu mineraali kemikaalien ja muodostettavien kuplien avulla. Erotettava mineraali nousee vaahtona lietteen pinnalle, josta se johdetaan seuraavaan prosessiin. Vaahdotusprosessissa erotetaan ensin kupariikiisu, minkä jälkeen jäljelle jääneestä pendlandiittirikasteesta vaahdotetaan nikkelikaste. Nikkelivaahdotuksen jälkeen jätetuotteelle tehdään kolmas vaahdotus, jolla rikastushiekasta saadaan erotettua suurimmaksi osaksi magneettikiisusta koostuva sulfidirikaste. Sulfidirikaste, joka on mahdollisesti happoa tuotavaa, erotetaan omaan rikastushiekka-altaaseen ja lopullinen rikastushiekka omaan altaaseen. (Pöyry 2011)

Vaahdotuksessa erotetuista kupari- ja nikkelikasteista vesi poistetaan selkeytysprosessissa, jossa rikastusliete sakeutetaan ja ylitevesi voidaan pumpata pois. Selkeytystä tehostetaan käyttämällä apuna flokkulanttia. Sakeuttamisen jälkeen rikaste kuivataan painesuodatuksessa ja kuljetetaan hihnakuljettimilla varastoon. (Pöyry 2011)

### *3.5.2. Sivukivi- ja rikastushiekka-alueet*

Tuotannossa käyttämättä jäänyt rapautunut kallio sekä pintamalmi läjitetään kaivoksen pohjoispuolella sijaitsevaan sivukivikasaan, jonka sisäosaan rapautunut kiviaines sijoitetaan. Rapautunut kiviaines eristetään happoa muodostamattomalla sivukivellä, mikä estää mahdollisien liuenneiden metallien pääsyn ympäristöön. Sivukivikasan pohja on eristetty turvekerroksella, joka läjityksen vuoksi tiivistyy vettä läpäisemättömäksi. Sulfidipitoinen sivukivi sijoitetaan niin, että hapettumista ei pääse tapahtumaan. Sivukivialueella muodostuvat suotovedet ohjataan vesienkäsittelyyn. Kaivoksen YVA-selostuksen arvion mukaan suurin osa toiminnan aikana syntyvästä sivukivestä on rikkiipitoisuudeltaan alle 0,8 %. Sivukiven, jonka rikkiipitoisuus on korkeampi kuin 0,8 %, arvioidaan muodostavan 12,5 % kaivoksen eliniän aikana louhittavasta sivukiven kokonaismäärästä. (Pöyry 2011).

Kaivoksen päärikastushiekka-allas (A-allas) sijoittuu kaivoksen lounaisosaan ja altaan itäreunaan on rakennettu toinen rikastushiekka-allas (B-allas) rikkiipitoiselle sulfidirikasteelle. Rikastushiekka-altaita pohjustaa miltei kauttaaltaan turvekerros, jonka alapuolinen maaperä on routivaa hiekkamoreenia. Turvekerros toimii kokoonpuristuessaan eristävänä kerroksena, joka myös sitoo haitta-aineita. Moreenikerros koostuu löyhästä ja korkean vedenläpäisevyyden pintamoreeniosasta ja tiiviimmästä pohjamoreenista. Moreenikerroksen alla on rikkonainen kallioperä. (Pöyry 2011)

Rikastushiekka-altaiden patojen ja patopohjien läpi suotautuvat vedet kerätään kuivatusojiin, joiden kautta vesi pumpataan kokooja-altaisiin. Kokooja-altaista vesi kierrätetään laadunvalvonnan perusteella joko rikastushiekka-altaaseen A tai johdetaan takaisin rikastusprosessiin ja vesivarastolle. Rikastushiekan tiiveyttä parannetaan kuivattamalla sitä salaojituksella. Korkea rikkiipitoisen sulfidirikasteen B-allas pidetään veden täyttämänä hapettumisen ja pölyämisen estämiseksi. (Pöyry 2011)



### 3.5.3. Veden käyttö

Kaivosalueen suljetun vedenkierron prosessivesi otetaan Kitisestä, Vajukosken voimalan patoaltaaseen rakennetun pumppaamon kautta. Toiminnanaikainen käyttövedenotto on noin 0,5 % Vajukosken alivirtaamasta ja ylimääräinen, selkeytetty vesi juoksutetaan takaisin Vajukosken altaaseen (Pöyry 2011). Kaivoksella tarvittavan raakaveden määrä on arviolta 215 m<sup>3</sup>/h (Pohjois-Suomen aluehallintovirasto 2014b). Malmin louhinnassa ja esimurskauksessa ei käytetä vettä. Eniten vettä käytetään malmin jauhatusprosessissa, jossa prosessivesi kulkeutuu rikastusprosessiin. Rikastusprosessista vesi poistuu rikastushiekka-altaisiin. Rikastusprosessiin ei lisätä vettä muuta kuin tarvittava määrä reagenssien mukana. Rikastusaltaiden ylivuoto varastoidaan vesivarastoaltaisiin, joista sitä käytetään uudelleen rikastusprosessissa. Arviolta prosessiveden kierrätysaste on 90 % (Pohjois-Suomen aluehallintovirasto 2014b).

Kaivokselle tuleva vesi koostuu sadevesistä, louhoksen kuivanapitovesistä, malmin kosteudesta (noin 1,5 %) ja Vajusesta otettavasta raakavedestä (Pohjois-Suomen aluehallintovirasto 2014b). Vettä poistuu kaivosalueelta rikasteen mukana (kosteus 10 %), rikastushiekan huokosvedeksi sitoutumalla sekä ylijäämävetenä Vajuseen johdettuna. Kuivanapitovedet ja sateena ja lumena tulevat vedet johdetaan vesivarastoaltaisiin (Pöyry 2011).

### 3.5.4. Jätevesien käsittely

Alkuperäinen jätevesien käsittelyjärjestelmä koostuu selkeytysaltaana toimivasta vesivarastoaltaasta, metallien saostusaltaasta (ETP/effluent treatment plan) ja pintavalutuskentästä. Vuonna 2018 vesienkäsittelyyn on lisätty kemiallinen ”Actiflo®” -puhdistusprosessi, joka toimii nykyisin pääasiallisena puhdistusyksikkönä. Kemiallinen puhdistusprosessi perustuu sakanmuodostukseen mikrohiekan avulla. ETP-puhdistamolle johdetaan nykyisin yli 5 mg/l nikkelpitoisuudeltaan olevat vedet. (Pöyry 2018)

Kaikki toiminta-alueen vedet, jotka eivät ole ympäristöluvan puhtaan veden asetuksien mukaisia, johdetaan jätevesien käsittelyyn. Selkeytysaltaassa kiintoaineet ja niihin sitoutuneet metallit ja ravinteet erottuvat jo osittain vedestä, jota pumpataan takaisin prosessin käyttöön. Selkeytysaltaasta saostusaltaaseen johdettava vesi ja siitä edelleen

pintavalutuskentälle päätyvä yliteveden kiintoainespitoisuus on tällöin alhainen. Kaivosalueella on myös muita vedenkeräysaltaita muun muassa rikastamoalueen luoteispuolella sijaitseva hulevesiallas, jonne johdetaan hulevesien lisäksi lämpölaitoksen lauhdevedet. Hulevesialtaaseen pumpataan myös öljyä sisältävät vedet öljynerotuskaivojen kautta. (Pohjois-Suomen aluehallintovirasto 2014b)

ETP-yksikköön johdetut vedet neutraloidaan lisäämällä jätevesiin kalsiumhydroksidia ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ). Kalsiumhydroksidi nostaa veden pH:ta, jolloin metallit saostuvat hydroksideina altaan pohjalle ja samalla syntyy kipsiä (Lottermoser 2007). Kalsiumhydroksidi lisätään veteen  $10 \text{ m}^3$  kemikaalisointitankissa, josta ylitevedet johdetaan kahteen  $20 \text{ m}^3$  flokkulointisäiliöön. Säiliöissä vesiä sekoitetaan kalsiumhydroksidin sekoittumiseen vaadittava aika, minkä jälkeen vesi johdetaan  $11\,000 \text{ m}^3$  tilavuudeltaan olevaan selkeytysaltaaseen. Selkeytysaltaassa metallit saostuvat altaan pohjalle, josta sedimenttiä poistetaan tarvittaessa jatkokäsittelyn kautta loppusijoituspaikalle A-rikastushiekka-altaaseen (Pohjois-Suomen aluehallintovirasto 2014b).

Kalkkikäsittelyn jälkeen vesi johdetaan neutralointisäiliöön, jossa vesistä mitataan happamuus ja tarvittaessa sitä lasketaan rikkihapolla ympäristöluvan mukaiseksi (Pohjois-Suomen aluehallintovirasto 2014b). Tämän jälkeen vedet johdetaan pintavalutuskentälle tai vesivarastoaltaaseen ”Actiflo” -käsittelyyn ja sitä kautta pintavalutuskentälle. Puhdistettujen vesien johtaminen ETP -laitokselta ja ”Actiflo”-käsittelystä pintavalutuskentän ohi on mahdollistettu viimeaikaisten muutosten jälkeen (Pöyry 2018). Pintavalutuskentän puhdistuneet vedet varastoidaan kentän länsiosassa olevaan altaaseen, jossa on pumppaamoyhteys Vajusen patoaltaaseen (Pohjois-Suomen aluehallintovirasto 2014b).

Pintavalutuskenttä on passiivinen vedenpuhdistusmenetelmä, jossa vesivirtaa maa-aineskerroksissa, jotka pidättävät haitta-aineita ja pääosin typpeä. Haitta-aineiden poistuminen vedestä tapahtuu fysikaalisten, kemiallisten ja biologisten prosessien kautta (Lottermoser 2007). Kevitsan pintavalutuskenttä koostu  $0,1 - 1,8$  metrin paksuisesta turvekerroksesta. Pintavalutuskenttä pidättää Pohjois-Suomen aluehallintoviraston (2014b) raportin mukaan kohtalaisesti nikkeliä ja vähäisemmin kuparia. Kaivoksen edellisen omistajan FQM Ltd -yhtiön arvion mukaan (Pohjois-Suomen aluehallintovirasto 2014b) kentältä huuhtoutuu ajoittain kiintoaineita, typpeä ja sulfaatteja, joista typen

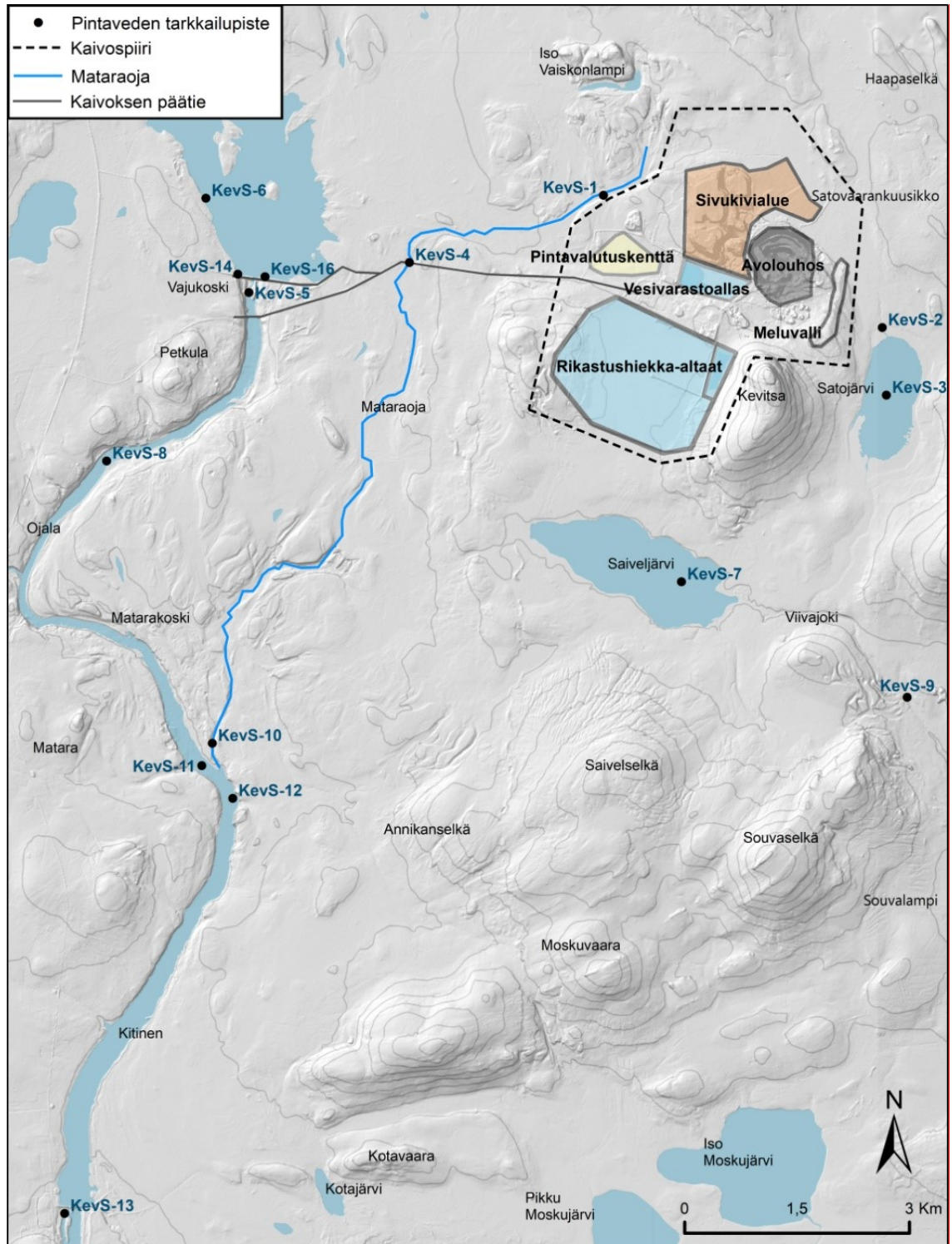
huuhtoutumisriski on suurin edellä mainittujen joukosta. Yhtiö arvioi pintavalutuskentän haitta-aineiden huuhtoutumisen kuormituksen olevan hyvin vähäinen purkuvesistön suuruuden ja virtaaman huomioon ottaen (Pohjois-Suomen aluehallintovirasto 2014b).

#### *3.5.5. Vesistöön johdettavan purkuveden laatu*

Kaivoksen vesikuormitusta tarkkaillaan ja arvioidaan pintavalutuskentälle johdettavasta vedestä. Purkuveden ympäristönvaikutusten arvioinnissa ei siis huomioida pintavalutuskentän veden laatua parantavaa vaikutusta (Pöyry 2011). Kevitsan kaivoksen nykyisessä ympäristöluvassa (nro 79/2014/1) on määrätty käsitellyn jäteveden, joka johdetaan pintavalutuskentälle tai vesistöön, haitta-ainepitoisuuksien enimmäismäärät. Ympäristölupapäätöksen (PSAVI/600/2015) luparajat ovat kiintoaineelle 10 mg/l, nikkelille 0,3 mg/l, kuparille 0,1 mg/l, sulfaatille 2000 mg/l ja pH:lle 6-9,5 (Pohjois-Suomen aluehallintovirasto 2017). Lupapäätöksessä on mainittu sulfaatin pitoisuudelle tavoitearvoksi 1000 mg/l ja kokonaistyyppipitoisuudelle 14 mg/l. Ympäristöluvassa yksittäisille mittaustuloksille on määrätty raja-arvot kuparille (0,3 mg/l) ja nikkelille (0,75 mg/l), joita ei saa ylittää (Pöyry 2018). Näiden lisäksi luvassa on säädetty vuosikuormitukselle rajat nikkelille (600 kg) ja kuparille (200 kg).

#### *3.5.6. Kaivosalueen vesistöjen päästötarkkailu*

Päästötarkkailua tehdään ympäristöluvan vaatimien ehtojen ja kaivoksen tarkkailuohjelmien mukaisesti kaivosalueen vesistä, lähivesistöistä ja pohjavedestä. Kaivosalueella näytteitä otetaan yhteensä 35 näytepisteestä. Näytteenotto tehdään joko kerta- tai kokoomanäytteinä näytepisteen mukaan. Pintavalutuskentälle johdetulle vedelle on käytössä virtaamapainotteinen kokoomanäytteenotin. Vesinäytteenottoa ja mittauksia tehdään joko viikoittain, kuukausittain tai 1-4 kertaa vuodessa riippuen näytepisteestä. Viikoittain tehtävä tarkkailu on suppein. Kuukausittain otetuille näytteille tehdään perusmääritykset ja muutamia kertoja vuodessa otetuille näytteille tehdään kaikista laajimmat analyysit. (Ramboll 2015)



Kuva 7. Kaivoksen pintavesien tarkkailupisteet. Mataraoja on piirretty karttaan sinisellä. Rinnevarjostusaineisto on peräisin Maanmittauslaitoksen maastotietokannasta.

Virtaamamittauksessa ja sähkönjohtavuuden mittauksessa joissakin pisteissä käytössä on jatkuvatoimisia mittareita. Viikoittain tehtävän vesinäytteenoton yhteydessä käytetään kenttämittaria veden lämpötilan, pH:n, sähkönjohtavuuden, happipitoisuuden ja redox-potentiaalin mittaamiseen. Kenttämittari kalibroidaan säännöllisesti tarkistusliuoksella. Vesinäytteiden oton hoitaa kaivosalueella henkilökunta tai ulkopuolinen näytteenottaja.

Näytteenottajilla on vesinäytteenottoon velvoittava sertifiointi tai he ovat muutoin ELY-keskuksen hyväksymiä. (Rambol 2015)

Kevitsan alueen pintavesiä tarkkaillaan yhteensä 15 pisteessä (Kuva 7), joista 11 pisteessä tarkkailua tehdään kuukausittain ja neljässä pisteessä neljästi vuodessa. Kesä- ja syyskuussa näytteitä otetaan tiheästi kahden viikon välein. Pintavesien tarkkailun suorittaa sertifioitu ulkopuolinen toimija. Pohjaveden korkeuden ja laadun tarkkailua tehdään 1-4 kertaa vuodessa 23 tarkkailuputkesta, joita on asennettuna kaivosalueella ja sen ympäristössä. Pohjavesitarkkailu on aloitettu vuonna 2009. (Ramboll 2015)

## 4. TUTKIMUKSESSA KÄYTETYT AINEISTOT JA MENETELMÄT

### 4.1. Kaivosalueella ja sen ympäristössä tehdyt vesitutkimukset

Edellisessä kappaleessa esitettyä kaivosalueen ja sen ympäristön pintavesien päästötarkkailua on tehty suunnitelmallisesti ainakin vuodesta 2009 asti (Ramboll 2018). Kaivoksen rakennusvaiheessa vesien päästötarkkailu on suoritettu WSP:n vuonna 2010 laatiman rakennusvaiheen tarkkailusuunnitelman mukaisesti (Ramboll 2013). Vuoden 2012 toukokuussa tarkastelua on jatkettu ylösajovaiheen ympäristötarkkailusuunnitelman (Pöyry Finland Oy, 20.4.2012) mukaisesti (Ramboll 2013). Vesistöjen tarkastelu tehdään tällä hetkellä voimassa olevan tarkkailuohjelman (Ramboll Finland Oy, 2.10.2015) mukaisesti (Ramboll 2018). Pintavesien näytteenottoa ja tutkimuksia on kaivosprojektin elinaikana tehnyt useat ympäristökonsulttiyritykset, kuten Eurofins Ahma Oy ja Ramboll Finland Oy. Alueella on myös ajoittain otettu vesinäytteitä Lapin ELY-keskuksen toimesta vuodesta 1960 lähtien.

Vuosina 2012-2013 GTK on tehnyt ympäristötutkimusta Kevitsan alueella Sulka-hankkeen nimellä. Hankkeen päämääränä oli arvioida rikin yhdisteiden ympäristövaikutuksia ja kehittää tapoja rikkiyhdisteiden mittaamiseen sekä niiden minimoimiseen kaivosalueilla. Tutkimuksessa näytteitä otettiin ympäristössä laajasti: maaperästä, pinta- ja pohjavesistä, puro- ja järvisedimenteistä ja sammaleista. Rikkiyhdisteiden mittaamisen lisäksi tutkimuksessa otetuille näytteille tehtiin laaja analyysi myös muiden pitoisuuksien tarkastelemiseksi. Sulka-hankkeen aineisto kattaa tarkasti vesistöjen pitoisuudet kaivoksen ylösajon ajalta. (Pietilä et al. 2014)

Sulka-hankkeessa pintavesinäytteitä alueelta otettiin 12 kappaletta, joista yksi oli rinnakkaisnäyte ja pohjavesinäytteitä 2 kappaletta, jotka otettiin alueen lähteistä. Järvivesinäytteitä on kolmesta paikasta eri syvyyksiltä otettuna, yhteensä 6 kappaletta. Järvivesinäytteet otettiin jään alta talviaikana. Näytteitä otettiin tarvittava määrä eri analyysien suorittamista varten ja ne esikäsiteltiin maastossa vaatimuksien mukaisesti kestäväimmällä ja suodattamalla. Vesinäytteiden tutkimusmenetelmät ja analyysit on tarkemmin kuvattu GTK:n Sulka-raportissa. (Pietilä et al. 2014)

GTK on vuosien 1990-2006 aikana kerännyt koko Suomen kattavan (tiheys 1 näyte/ 300 km<sup>2</sup>) geokemiallisen aineiston. Suuralueellisessa geokemiallisessa kartoituksessa

tarkasteltiin moreenin, purosedimentin ja puroveden kemiallisia ja fysikaalisia ominaisuuksia. Aineiston vuonna 1990 kerätyistä purovesinäytteistä yksi näyte on otettu kaivospiirin alueelta. Aineisto on alun perin tarkoitettu valtakunnalliseen geokemialliseen yleiskartoitukseen ja ympäristön tilan perusarviointiin.

Kevitsan alueen malminetsintöjen aikana 1990-luvulla, GTK:lla oli kaksivuotinen projekti (1994-1996), jonka tarkoituksena oli tarkentaa alueen geologista tietoa ja tehdä selvitys kiviainesvaroista. Tutkimuksen tarkastelun kohteena olivat myös ympäristötutkimukset, mukaan lukien pinta- ja pohjavesinäytteenotot. Vuonna 1994 otetuille pintavesinäytteille tehtiin perusmääritysten lisäksi laajat alkuaineanalyysit.

Laajan alkuaineanalyysin lisäksi useimpien tutkimuksien vesinäytteistä määritettiin sähkönjohtavuus, alkaliniteetti, happamuus, kemiallinen hapentarve, ionipitoisuudet ja ravinne- ja humusainepitoisuudet. Alkuaineanalyyseistä huomioin alumiini-, kromi-, kupari-, rauta-, mangaani-, nikkeli-, lyijy- ja sinkkipitoisuudet. Ionipitoisuuksista tarkastelussa ovat kalsiumin, kloridin, kaliumin, natriumin ja sulfaatin pitoisuudet ilmentämässä veden suolaisuutta. Sulka-hankkeessa edellä mainittujen pitoisuuksien huomattiin vaikuttavan eniten veden sähkönjohtavuuteen.

Sähkönjohtavuuteen vaikuttaa suolapitoisuuden ohella myös veden alkaliniteetti (mmol/l). Alkaliniteetilla ilmaistaan veden epäorgaanisen hiilen määrä vetykarbonaatti- ja karbonaatti-ionipitoisuudella. Suomen purovesissä, joiden pH-luku on yleensä 4.7-6.6, alkaliniteetilla mitataan miltei poikkeuksetta vetykarbonaattipitoisuutta ( $\text{HCO}_3^-$ ). Karbonaatti-ioneita ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) on vesissä, joiden pH on yli 8.3. (Lahermo et al. 1996)

Kemiallinen hapentarve (COD = chemical oxygen demand) ilmentää veden hapettumiskykyisten aineiden kokonaismäärää ja se määritetään vedestä hapettamalla se kaliumpermanganaatilla ( $\text{KMnO}_4$ ). Kemiallinen hapen kulutus voidaan ilmoittaa  $\text{COD}_{\text{Mn}}$ -arvona (happea mg/l) tai kaliumpermanganaattilukuna ( $\text{KMnO}_4$  mg/l).  $\text{COD}_{\text{Mn}}$ -luku on suoraan yhteydessä veden väriluvun kanssa ja yhdessä ne kertovat veden humuspitoisuudesta. Permanganaattiluvun voi johtaa  $\text{COD}_{\text{Mn}}$ -luvusta kertoimella 3,95 (Kaava 1). (SFS 3036)

$$\frac{\text{mg}}{\text{l}} \text{KMnO}_4 = 3,95 \times \text{COD}_{\text{Mn}} \quad (1)$$

Yhtälön kerroin 3,95 tulee lausekkeesta  $\frac{158}{16 \times 2,5}$ ,

jossa 158 on kaliumpermanganaatin moolimassa ja 16 on hapen moolimassa. Kerroin 2,5 on aineiden moolien suhde, jossa 1 mooli permanganaattia vastaa 2,5 moolia happea. (SFS 3036)

Rauta ja mangaani ovat maaperän yleisimpiä raskasmetalleja ja niitä esiintyy melko yleisinä sulfidimineraaleissa. Raudan merkittävimmät sulfidimineraalit ovat magneettikiisu, rikkikiisu ja markasiitti. Rauta ja mangaani kulkeutuvat vesissä usein toistensa rinnalla ja niiden geokemialliseen kiertoon vaikuttavat muun muassa pH, hapetus-pelkistysolosuhteet ja hiilidioksidipitoisuus (Lahermo et al. 1996). Vesissä molemmat metalleista saostuvat usein liunneen ja suspendoituneen humuksen kanssa. Tämän vuoksi rauta ja mangaani korreloivat usein  $\text{COD}_{\text{Mn}}$ -arvon ja väriluvun kanssa (Lahermo et al. 1996 ja Wartiovaara 1978).

Typpi esiintyy luonnossa neljänä hapetusasteena. Suurin osa maan ja vesien tyypeistä on Lahermon et al. (1996) mukaan peräisin ilmakehän kaasuista, joka päättyy maankamaralle sateena ja kuivalaskeumana  $\text{NH}_4^+$  -,  $\text{NO}_2^-$  -, ja  $\text{NO}_3^-$  -ioneina. Kasvit hyödyntävät typen yleensä nitraatti- ( $\text{NO}_3^-$ ) ja ammonium-ioneina ( $\text{NH}_4^+$ ) (Rydin ja Jeglum 2006). Tyyppiä päättyy vesistöihin myös maatalouden lannoitteista, typpipitoisten orgaanisten aineiden hajoamisprosessista sekä asutuksen jätevesistä. Kaivostoiminnan käyttämät räjähdysaineet voivat myös lisätä typpipitoisuuksia vesistöihin nitraatti- ja ammonium-ioneina (Jermakka et al. 2015).

Fosfori esiintyy vesissä liukoisina fosfaatti-ioneita  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ,  $\text{HPO}_4^{2-}$  tai  $\text{PO}_4^{3-}$ . Fosfori kulkeutuu vesissä saven, humuksen ja orgaanisten partikkelien kanssa sitoutuneena (Lahermo et al. 1996, Salonen et al. 1992). Suurin osa fosforista on sitoutuneena vesien kiintoainekseen (Salonen et al. 1992). Luonnollisissa olosuhteissa fosforia päättyy vain vähän ympäristöön ja se on kasvieliöiden lisääntymistä rajoittava ravinne, koska muita ravinteita on usein riittävästi (Rydin ja Jeglum 2006). Fosforin kulkeutumiseen ja liukoisuuteen vaikuttavat redoxpotentiaali, pH ja lämpötila (Rydin ja Jeglum 2006, Salonen et al. 1992).



Pääosa vesistöjen fosforista on peräisin maatalouden lannoitteiden fosforista, jonka liikkuvuutta kalkitseminen lisää sekä jätevesistä, ojituksista ja metsähakkuista (Lahermo et al. 1996). Metsähakkuiden ja -ojituksen on huomattu kasvattavan fosforipitoisuutta moninkertaiseksi valuma-alueella hakkuuta seuraavina 2-3 vuotena (Ahtiainen 1991). Ahtiaisen (1991) tutkimuksessa huomattiin myös raudan ja kokonaistypen kasvaneen hakkuun jälkeisenä vuotena.

Typpi- ja fosforipitoisuudet voidaan molemmat ilmoittaa usealla tavalla. Useissa tutkimuksissa pitoisuus on ilmoitettu kokonaismääränä ( $N_{\text{tot}}$  ja  $P_{\text{tot}}$ ), jota käytän tarkastelussa, kun se on mahdollista. Typpipitoisuus on usein myös annettu nitraatti-, nitriitti- tai ammoniumtyyppinä tai pelkästään nitraattina. Fosforipitoisuutta voidaan havainnoida kokonaismäärän lisäksi fosfaattifosforina ( $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ ) tai fosfaattipitoisuutena ( $\text{PO}_4^{3-}$ ). Typenkokonaismäärän analysoinnissa on käytetty esikäsittelyä D11 tai D12 eli  $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$  (kaliumpersulfaatti) tai  $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8\text{-H}_3\text{BO}_3$  (kaliumpersulfaatti-boorihappo) hajoitusta. Kokonaisfosforille esikäsittelynä on käytetty D11-menetelmää. Molemmat aineet on analysoitu esikäsittelyn jälkeen FIA-tekniikkaa (flow injection analysis) käyttäen kolorimetrisellä spektrometrillä. (SYKE, Hertta)

#### *4.1.1. Tässä työssä käytettävän aineiston valinta*

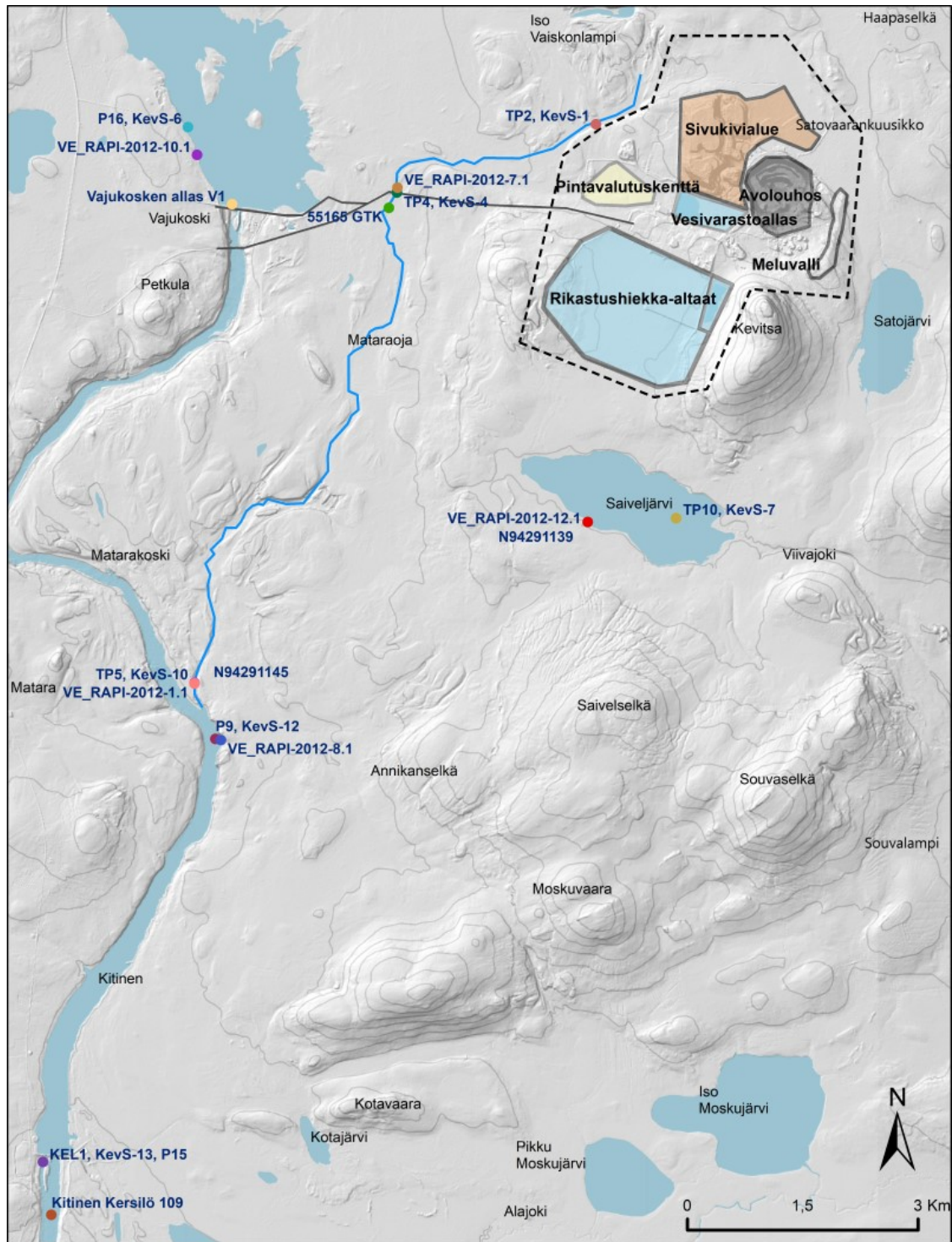
Suomen ympäristökeskuksen (SYKE) Hertta-palvelu on tietojärjestelmäkokonaisuus, johon kootaan pääasiassa valtion ympäristöhallinnon virastojen, kuten SYKE:n ja Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskusten tuottamia ja keräämiä tietoa. Palveluun on tallennettuna ympäristötietoa Suomen joka paikasta vesivaroihin, pintavesien laatuun, pohjavesiin ja eliölajeihin liittyen. Vanhimmat tietokannassa olevat tiedot ovat 1800-luvulta. Tietokanta on vapaasti kaikkien käytettävissä SYKE:n Avoin tieto -palvelun kautta. (Ympäristöhallinto 2019)

Hertta-tietokannassa on tallennettuna ELY-keskuksen mittaustuloksia alueelta alkaen 1960-luvulta. Järjestelmään on myös lisätty osa Kevitsan tarkkailuohjelmien analyysituloksista, joista osan taas sain suoraan Bolidenilta käyttööni. Tietokannasta valittiin yksittäisiä mittaustuloksia syksyllä tehdyistä näytteenotoista, joiden vertailemiseksi muodostettiin useiden mittaustulosten vuosittaisia keskiarvoja ja mediaaneja.

GTK:n eri hankkeiden pintavesien alkuaine- ja pitoisuusanalyysijä käytin vuosilta 1990, 1994 ja 2012. Näytteenotto kaikissa GTK:n tutkimuksissa oli tehty elokuun aikana. GTK:n suuralueellisen geokemiallisen kartoituksen aineisto on tehty alun perin alueelliseen käyttöön, joten se ei ole täysin käyttökelpoinen paikallisiin tutkimuksiin. Aineiston erään, kaivospiirin alueelta otetun, purovesinäytteen analyysituloksien katsottiin kuitenkin täydentävän alueelta vuosien aikana saatua ympäristötietoa ja aineisto otettiin siltä osin käyttöön tässä työssä.

#### **4.2. Aluevalinta ja analyysitulokset**

Tarkastelukohteiksi valittiin seitsemän vesien mittauspistettä: Mataraoja (3 kpl), Vajusen patoallas, Kitisen jokialue (2 kpl) ja Saiveljärvi. Tarkastelussa käytettiin syksyllä otettuja yksittäisiä mittaustuloksia ja vuosittaisia keskiarvoja. Yksittäisien mittaustulosten valinnassa huomioitiin, että mittausajankohta ajoittuu samaan vuodenaikaan eri aineistojen välillä. Vuosittaisien keskiarvojen pohjana käytettiin Hertta-tietokannasta saatavina olevia mittaustuloksia ja kaivoksen pintavesien tarkkailun tuloksia. Keskiarvojen laskemiseen analyysituloksia oli käytettävissä melko kattavasti viime vuosikymmeneltä, noin yksi joka kuukaudelta. Tätä vuosikymmentä aiemmin näytteitä oli otettu pääosin noin 3-5 joka vuodelta. Tutkielmaan valitut näytepisteet aineistojen alkuperäisine näytetunnuksineen on esitetty alla olevassa kartassa (Kuva 8).



Kuva 8. Tutkielmaan valitut tarkkailupisteet eri aineistoista. Rinnevarjostusaineisto on peräisin Maanmittauslaitoksen maastotietokannasta.

#### 4.2.1. Kohde 1, Mataraoja

Mataraojaan ei Kevitsan kaivoksen ympäristötarkkailuohjelman (Ramboll 2015) mukaan päädy suoria päästöjä. Mataraojaan vaikuttavat kuitenkin kaivosalueelta suotautuvat vedet, erityisesti pintavalutuskentältä tulevat suoto- ja oikovedet. Mataraojasta valittiin

kolme näytepistettä: pohjoisosasta, keskiosasta ja eteläosasta ennen joen liittymistä Kitiseen. Pohjoisosan näytepiste (TP2/KevS-1) koostuu yhdestä kaivoksen tarkkailuohjelman kohteesta. Näytteenottopisteen nimi on kaivoksen elinkaaren aikana vaihtunut, mutta sijainti on pysynyt samana. Pohjoisosan piste on kaivoksen vaikutuksen yläpuolella ja näin ollen mittaustulosten pitäisi kuvata Mataraojan taustapitoisuuksia varsin hyvin.

Mataraojan keskiosan mittaustulokset koostettiin kolmesta aineistosta: Sulka-aineiston (VE\_RAPI-2012-7.1), GTK:n suuralueellisen geokemiallisen tutkimuksen (55165 GTK) ja kaivoksen tarkkailuohjelman analyysituloksista (TP4/KevS-4). Suuralueellisen geokemiallisen aineiston näytepiste oli hieman kauempana kuin kaksi muuta pistettä. Mataraojan eteläosan näytepisteet valittiin sulka-aineistosta (VE\_RAPI-2012-1.1.), kaivoksen tarkkailuohjelmasta (TP5/KevS-10) sekä Mannisen et al. (1994) tutkimuksesta. Eteläosan näytteenottopaikkojen koordinaatit olivat keskenään lähes samat.

#### *4.2.2. Kohde 2, Saiveljärvi*

Kaivoksen eteläpuolella olevasta kahdesta matalasta järvestä valittiin tarkasteltavaksi keskisyvyydeltään 1-2 metriä oleva Saiveljärvi. Järvet ovat elinympäristöiltään hyvin samankaltaisia. Talvisin järvet ovat kaivoksen tarkkailuohjelman (Ramboll 2015) mukaan usein paksun jääkerroksen alla hapettomia ja kesäisin runsasleväisiä. Järven vesiä sekoittavat herkästi tuulet, mikä näkyy ajoittain suurina kiintoainespitoisuuksina (Ramboll 2018).

Saiveljärven pitoisuudet ovat kaivoksen pintavesien tarkkailuraporttien (mm. Ramboll 2015 ja 2018) tulosten perusteella olleet usein Satojärveä korkeammat. Saiveljärven valuma-alueeseen kuuluu osittain kaivoksen rikastushiekka-alueen eteläosa (Kuva 5), mikä tekee järvestä aiheellisen tarkastelun kohteen. Kaivokselta ei kuitenkaan pitäisi tulla suoraa kuormitusta järveen rikastushiekka-altaan rakenteiden vuoksi. Näytepisteitä valittiin sulka-aineistosta (VE\_RAPI-2012-12.1), Mannisen et al. (1994) tutkimuksesta (N94291139) sekä kaivoksen tarkkailuohjelmasta (TP10/KevS-7). Kaivoksen tarkkailuohjelman näytepiste (TP10/KevS-7) on noin yhden kilometrin etäisyydellä muista pisteistä.

#### *4.2.3. Kohde 3, Vajukosken allas*

Vajukoski toimii kaivoksen prosessivedenlähteenä ja Vajukoskeen johdetaan kaivoksen käsitellyt ylitevedet, mikä tekee siitä luonnollisesti kiinnostavan tarkkailukohteen. Vajukoskesta valittiin näytepisteitä kolmesta aineistosta: Lapin ELY-keskuksen, GTK:n Sulka-hankkeen ja kaivoksen tarkkailuohjelman aineistoista.

Lapin ELY-keskuksen näytepiste (Vajukosken allas V1) on patoaltaan vieressä sekä lähellä kaivoksen purkuputken päätä. Sulka-aineiston piste (VE\_RAPI-2012-10.1) on noin 800 metrin päässä padosta pohjoiseen ja kaivoksen tarkkailuohjelman näytepiste (P16/KevS6) noin 1 300 metrin päässä patoaltaasta pohjoiseen. Lapin ELY-keskuksen Vajukosken allas V1-pisteeltä oli vain muutamia tuloksia vuosilta 1984-1987, joiden mittaustuloksista muodostettiin tässä pitoisuuksien yhdistelmäkeskiarvot.

#### *4.2.4. Kohde 4, Mataraojan alapuolinen piste*

Kitisen toinen piste sijaitsee Mataraojan suun alapuolella, jolloin mahdollinen Mataraojan kuormitus tulee myös huomioon näytteissä. Sulka-aineiston (VE\_RAPI-2012-8.1.) ja kaivoksen tarkkailuohjelman (P9/KevS-12) näytteenottopisteet olivat lähestulkoon samasta kohdasta otettuja. Pisteet ovat noin 500 metriä etelä-kaakkoon Mataraojan suusta. Tällä pisteellä voidaan selvittää Mataraojasta virtaavien vesien vaikutuksia Kitisen vedenlaatuun.

#### *4.2.5. Kohde 5 Kersilö*

Kersilö sijaitsee huomattavasti muita pisteitä etelämpänä. Alueelta oli kaksi sopivaa näytepistettä noin 600 metrin etäisyydellä toisistaan. Vanhimmat analyysitulokset valikoitiin näytepisteen Kitinen Kersilö 109 mittaustulosten joukosta vuosien 1967-1998 väliltä. Vuodesta 2001 eteenpäin käytettiin kaivoksen tarkkailuohjelman tuloksia pisteeltä KEL1/P15/KevS-13. Vertailun vuoksi muodostettiin vuosittaisien keskiarvojen lisäksi mediaanit vuosille 1967-2005, niiltä osin kuin se oli mahdollista. Kohteen tarkastelussa on pyrkimys kuvata koko alueen taustapitoisuutta pitkällä aikavälillä.

### **4.3. Menetelmät: Käytetyt ohjelmistot ja työkalut**

Tutkimuksen päätarkoitus on tarkastella vesistöjen laadun muutoksia pitkällä aikavälillä Kevitsan lähialueella eri aineistoja käyttäen. Tarkasteluun pyrittiin ottamaan laajasti mukaan mittaustuloksia kaivoksen rakennustöiden aloittamista edeltäviltä vuosilta ja vuosikymmeniltä. Työ perustuu useiden eri aineistojen käsittelyyn ja tulkintaan.

Aineistojen käsittelyssä käytettiin taulukkolaskentaohjelmistoa (Excel), jonka avulla laskettiin aineiston keskiarvoja ja muutettiin aineistoa tulkittavaan ja vertailtavaan muotoon. Diagrammien muodostamiseen käytettiin Office-ohjelmistoille tehtyä ThinkCell-lisäosaa sekä MS Exceliä. Karttojen piirtämiseen käytettiin ArcGIS-ohjelmistoa. Alueen pitoisuuksia vertailtiin Lahermon et al. (1996) Suomen purovesien yleisiin taustapitoisuuksiin.

## 5. TULOKSET

### 5.1. Pitoisuuksien jakautuminen alueella ja vertailu purovesien yleiseen tasoon

Pitoisuuksien alueellisen jakautumisen esittämiseksi tässä työssä muodostettiin vuoden 2012 ja 2013 loppuvuoden näytteistä kuvaajia (Liite 9). Mataraojan pohjoisosan ja Kersilön mittaustulokset ovat kaivoksen tarkkailuraportista. Mataraojan pohjoisosan mittaustulokset ovat vuoden 2012 näytteestä (Liite 1) ja Kersilön mittaustulokset ovat vuoden 2013 lokakuun näytteestä (Liite 7). Muiden pisteiden näytteiden tulokset ovat GTK:n Sulka-hankkeesta elokuulta vuodelta 2012 (Liitteet 1-7). Vuoden 2012 kokonaistyyppi- ja kokonaisfosforipitoisuuksien mittaustulokset ovat kaivoksen tarkkailuraportin analyysituloksista vuoden 2012 elokuulta, koska Sulka-hankkeessa ei laskettu kokonaistyyppipitoisuutta ja kokonaisfosforipitoisuudessa oli epävarmuutta (selitettynä myöhemmin kappaleessa 6).

Tarkastelualueen näytepisteissä pH vaihteli välillä 6,5-7,8. Korkein happamuus oli Mataraojan eteläosan pisteessä ja Saiveljärven pisteessä. Sähkönjohtavuus vaihteli pisteiden välillä 3,3-19,7 mS/m. Korkeimmat sähkönjohtavuudet olivat Mataraojan keski- ja eteläosan näytteissä. Suolaionipitoisuudet (kalsium, natrium, kloridi, kalium ja sulfaatti) olivat melko tasaisia koko alueella, poikkeuksena sulfaatti ja kalsiumpitoisuudet, jotka olivat Mataraojan keski- ja eteläosien näytteissä alueen korkeimmat. Mataraojan pohjoisosassa kalsiumpitoisuus oli myös alueen taustaa korkeampi (9,8). Sähkönjohtavuus vaihteli, muissa kuin Mataraojan näytteissä, välillä 3,26-4 mS/m.

Ravinnepitoisuudet olivat korkeimmat Saiveljärvessä, jossa kokonaistyyppipitoisuus oli 590 µg/l ja kokonaisfosforipitoisuus oli 46 µg/l. Muissa pisteissä kokonaistyyppipitoisuus vaihteli välillä 230-330 µg/l ja kokonaisfosforipitoisuus välillä 3,1-18 µg/l. Mataraojan kolmessa pisteessä fosforipitoisuuden vaihtelu oli 3,1-7,6 µg/l välillä ja Kitisen joen pisteissä 12-18 µg/l.

Rautapitoisuus oli korkeimmillaan Mataraojan pohjois- ja keskiosien näytteissä, joissa pitoisuus on 870-900 µg/l. Saiveljärvessä oli myös korkea rautapitoisuus 730 µg/l. Muissa pisteissä rautapitoisuus oli välillä 400-500 µg/l. Mangaanipitoisuus korreloi rautapitoisuuden kanssa kaikissa pisteissä, paitsi Saiveljärven näytteessä.

Korkeimmillaan mangaanipitoisuus oli 126-170 µg/l Mataraojan pohjois- ja keskiosissa. Muiden näytepisteiden mangaanipitoisuus oli 4,0-42,7 µg/l.

Humuspitoisuuden indikaattoreista väriluku oli korkeimmillaan Mataraojan keskiosassa (200 mg Pt/l) ja Saiveljärvessä (150 mg Pt/l). Muissa pisteissä väriluku oli välillä 45-73 mg Pt/l. Suurin arvo COD<sub>Mn</sub>-luvussa oli Saiveljärvessä (19 mg O<sub>2</sub>/l). Muissa pisteissä COD<sub>Mn</sub>-luku vaihteli välillä 5,9-9,8 mg O<sub>2</sub>/l.

Alumiinipitoisuus oli määritetty kaikissa pisteissä Mataraojan pohjoisosan ja Kersilön näytteitä lukuunottamatta. Pitoisuus vaihteli pisteillä 6,82-24,2 µg/l välillä. Suurimmat alumiinipitoisuudet olivat Vajukosken altaan (24,2 µg/l) ja Matarakosken alapuolisen pisteen (22,7 µg/l) näytteissä. Vajukosken altaan näytteessä oli myös muita pisteitä korkeampi sinkkipitoisuus 14,5 µg/l. Muissa näytepisteissä, joista sinkkipitoisuus määritettiin, pitoisuus vaihteli välillä 0,14-3,02 µg/l. Kupari- ja nikkelipitoisuus oli Mataraojan pohjoisosassa alle määritysrajan <3 µg/l ja Kersilön näytteessä alle <1 µg/l. Kuparipitoisuus vaihteli muissa pisteissä välillä 0,2-0,64 µg/l ja nikkelipitoisuus 0,31-1,99 µg/l.

Näytepisteiden keskimääräiset pitoisuudet ovat esitettynä taulukossa 1. Taulukkoon on koottu Kevitsan alueen näytepisteiden pitoisuuksien vaihteluväli eri vuosilta sekä Lahermon et al. (1996) Suomen purovesiaineiston keskimääräiset pitoisuudet koko Suomen alueelta ja Kevitsan lähialueelta. Purovesiaineiston koko Suomen keskimääräinen vaihteluväli perustuu, pitoisuudesta riippuen, 1122-1162 näytteeseen ja Kevitsan lähialueen pitoisuudet kaivosta lähimpien kymmenen näytteen tulokseen. Koko Suomen näytetulosten joukosta Lahermo on ilmoittanut vaihteluvälin, johon kuuluu 90 prosenttia kaikista näytteiden tuloksista. Kaivosta lähimmät kymmenen näytettä on otettu 30 kilometrin säteeltä kaivoksesta. Kaikki vertailtavat näytteet on otettu heinä-lokakuun aikana, useimmiten elokuussa.

Taulukko 1. Joidenkin näytteiden analyysituloksissa on ilmoitettu tutkimuksessa käytetyn menetelmän alin määritysraja, jota ei ole analyysissä ylitetty. Tällöin kyseisen vaihteluvälin rajana on käytetty kyseistä määritysrajaa puolitettuna. Jos kaikki näytepisteen eri vuosien mittaukset ovat olleet alle määritysrajan, on se merkitty taulukkoon sellaisenaan. Taulukkoon on merkitty sinisellä Lahermon et al. (1996) koko



Suomen purovesinäytteiden tulokset ja vihreällä Kevitsan kaivosta lähimmän kymmenen näytteen tulokset.

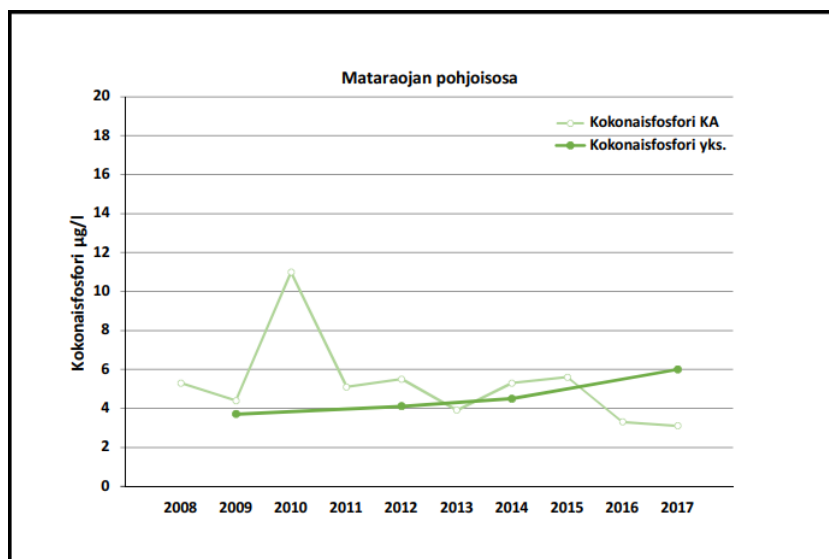
	Lahermo, 90%	Lahermo, Kevitsa	Mataraoja P	Mataraoja K	Mataraoja E	Saiveljärvi	Vajukosken allas	Mataraojan AP	Kersilö
<b>n kpl</b>	1122-1162	10	4	5	5	6	4	4	9
<b>Kiintoain e mg/l</b>			0,5-1,6	1-12	1-2,1	5,6-6,3	1-2,1	1-1,3	1-12
<b>Ec mS/m</b>	2-22	2,8-10,4	8,8-12	8,0-19,7	12-20,2	2,9-4,4	3-3,5	3,4-4,7	3,2-6
<b>pH</b>	4,7-6,6	6-6,69	6,94-7,26	6,68-7,52	6,95-7,8	6,3-7,8	6,95-7,2	6,85-7,53	6,87-7,4
<b>COD<sub>Mn</sub> mg/l</b>	2,53-30,38	3,29-15,4	9,2-12	9,7-10	5,9-12	14-19	8,3-8,7	8,2-8,3	6,5-13
<b>Väri mgPt/l</b>	15-300	20-90	55-73	60-160	15-100	35-150	55-80	55-69	45-90
<b>Alk. mmol/l</b>	0,01-1	0,16-0,99	0,78-1,15	0,95-1,76	0,72-1,29	0,18-0,37	0,2-0,36	0,21-0,32	0,2-0,37
<b>Al µg/l</b>	20-250	7,9-71,2		6,82-10,3	3,75-16,3	11,9-16,4	21-24,2	20-23	
<b>Ca mg/l</b>	1,7-18	3,32-12,2	9,3-9,8	10,2-16,6	16-28,7	3,37-3,94	3-3,42	3,3-3,81	3,7
<b>Cd µg/l</b>	0,004-0,04	0-0,02	<0,03	<0,03	0,01-0,02	0,01-0,02	<0,03	<0,03	
<b>Cl mg/l</b>	0,5-15	0,5-1,6	0,8-1,2	1-3	0,8-1,3	0,45-1,4	0,48-0,9	0,25-1,9	0,7-1,4
<b>Co µg/l</b>	0,03-1	0,02-0,54			0,02-0,07	0,08-0,21	0,05-0,08	0,09-0,5	
<b>Cr µg/l</b>	0,15-1,4	0,31-1,69	<3	0,25-0,53	0,29-0,67	0,43-0,6	0,25-0,46	0,25-0,44	<1
<b>Cu µg/l</b>	0,17-2,35	0,24-1,04	0,5-2,3	0,25-0,62	0,2-0,32	0,25-0,59	0,25-0,31	0,57-0,64	<1
<b>Fe µg/l</b>	60-2600	110-1910	310-870	644-3000	190-1100	620-770	470-820	500-810	470-2200
<b>K mg/l</b>	0,24-4	0,31-1,08	0,96-1,2	1,08-1,12	0,85-1,5	0,37-0,48	0,38-0,47	0,38-0,63	0,57
<b>Mg mg/l</b>	0,6-7	1,07-6,21	3,8-6,4	5,7-12,7	3,5-6,42	1,48-1,7	1-1,14	1,2-1,25	1,3
<b>Mn µg/l</b>	2-145	2,51-213	20-170	88,5-530	6,03-93	4,01-37	26-41	23-50	19-120
<b>Na mg/l</b>	1,3-14	1,29-2,16	1,2-1,9	1,78-2,76	1,7-2,41	0,91-0,94	1,1-1,4	1,11-2,1	1,6
<b>Ni µg/l</b>	0,14-4	0,11-2,18	1,7-3,5	0,94-2,2	0,19-1,9	1,04-1,4	0,31-0,38	0,31-0,38	<1
<b>Pb µg/l</b>	0,08-0,8	0,12-4	<0,1	0,05-0,15	0,03-0,08	0,05-0,2	0,05-0,13	0,05-0,14	
<b>Zn µg/l</b>	1,5-25	1,12-3,92			1,6-2,58	2,03-3,08	0,5-14,5	1,2-4,23	
<b>SO<sub>4</sub> mg/l</b>	1-35	0,5-7,6	0,71-1	0,84-14	17-57	1-2	1,5-2,7	1,9-4,2	2,3-4,9
<b>P<sub>tot</sub> µg/l</b>			3,7-6	3,7-10,1	3,7-27,3	15-46	7-18	7-15	5-42
<b>N<sub>tot</sub> µg/l</b>			160-360	170-480	140-430	480-940	240-340	270-320	260-440

## 5.2. Mataraoja

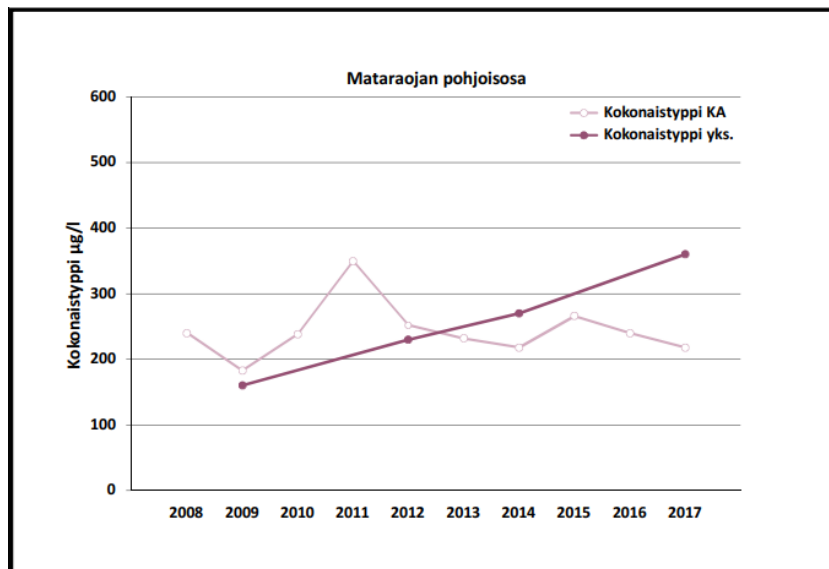
### 5.2.1. Mataraojan pohjoisosa

Mataraojan pohjoisosassa pH vaihtelee vuosien 2008-2017 keskiarvojen välillä 6,7-7,2. Yksittäisten syksyllä otettujen näytteiden tulosten välillä vaihtelu oli 6,94-7-26. Sähkönjohtavuus vaihteli keskiarvojen välillä 4,9-13,1 mS/m ja loppuvuoden yksittäisissä näytteissä vaihtelu oli 8,8-12,0 mS/m. Sähkönjohtavuus korreloi alueen näytteissä melko hyvin alkaliniteetin kanssa (Kuva 11). Alkaliniteetti on esitetty kuvaajissa yhdessä sähkönjohtavuuden kanssa. Suurimmat sähkönjohtavuudet pisteellä olivat vuonna 2010 ja vuosien 2013-2015 aikana. Syksyllä otettujen näytteiden sähkönjohtavuus mukailee melko hyvin vuosittaista keskiarvoa ja on purovesien yleisen sähkönjohtavuuden 2-22 mS/m tasolla (Lahermo et al. 1996).

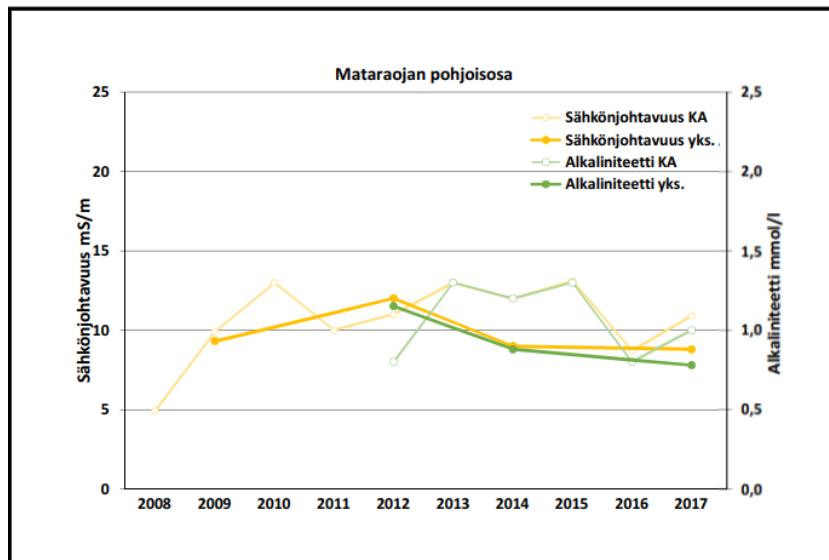
Ravinnepitoisuudet vaihtelivat kokonaistypen osalta 183-350 µg/l (KA) ja 160-360 µg/l (yks.). Korkeimpia arvoja mitattiin vuonna 2011. Kokonaisfosfori vaihteli välillä 3,1-11 µg/l (KA) ja 3,7-6 µg/l (yks.). Fosforin osalta suurimmat arvot mitattiin vuonna 2010, jonka jälkeen pitoisuudet ovat pysyneet noin 4-6 µg/l välillä ja olleet vuosina 2016 ja 2017 matalimmillaan.



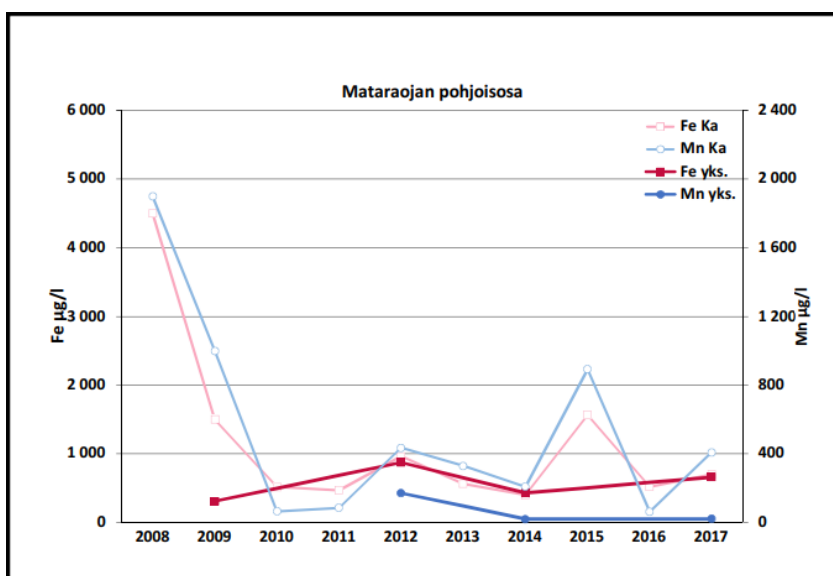
Kuva 9. Mataraojan pohjoisosan kokonaisfosforipitoisuuden vuosikeskiarvot ja yksittäisien näytteiden pitoisuudet.



Kuva 10. Mataraojan pohjoisosan kokonaistyyppipitoisuuden vuosikeskiarvot ja yksittäisien näytteiden pitoisuudet.



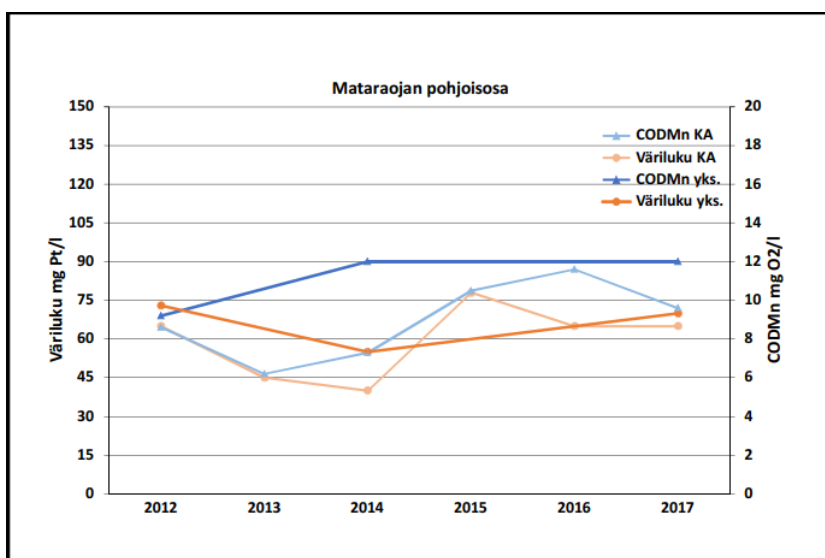
Kuva 11. Mataraojan pohjoisosan sähkönjohtavuuden ja alkaliniteetin vuosikeskiarvot ja yksittäisien näytteiden pitoisuudet.



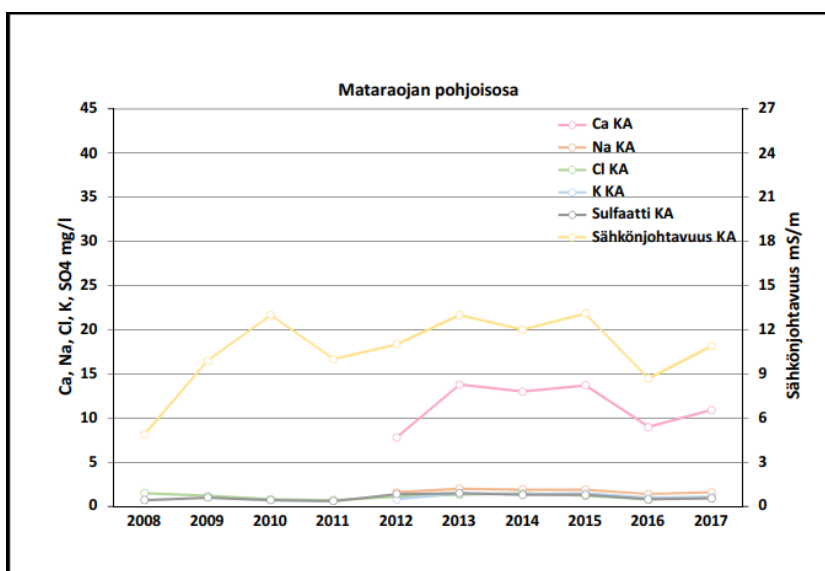
Kuva 12. Mataraojan pohjoisosan raudan ja mangaanin vuosikeskiarvot ja yksittäisien näytteiden pitoisuudet.

Rautapitoisuus korreloi mangaanipitoisuuden kanssa varsin hyvin (Kuva 12). Vuoden 2008, 2009 ja 2015 näytteiden rauta- ja mangaanipitoisuudet olivat korkeita (Fe 1500-4500, Mn 892-1900). Kun tarkastelujakson korkeimpia arvoja vuodelta 2008 ei huomioida, rautapitoisuus vaihteli noin 400-1600 µg/l (KA) ja 310-870 µg/l (yks.) välillä. Mangaanipitoisuuden vaihtelu oli 62-1000 µg/l (KA) ja 20-170 µg/l (yks.). Suurimmat raudan ja mangaanin pitoisuudet oli mitattu vuosina 2009 ja 2015. Suomen purovesien yleispitoisuus on raudan suhteen 60-2600 µg/l ja mangaanin suhteen 2-145 µg/l (Lahermo et al. 1996).

Humuspitoisuuden indikaattorit  $\text{COD}_{\text{Mn}}$ - ja väriluku oli korkeimpina vuonna 2012 ja vuodesta 2015 eteenpäin.  $\text{COD}_{\text{Mn}}$ -luvun pitoisuus vaihteli vuosina 2012-2017 välillä 6,2-11,6 mgO<sub>2</sub>/l (KA) ja 9,2-12 mgPt/l (yks.). Väriluku vaihteli 40-78 mgPt/l (KA) ja 55-73 mgPt/l (yks.).



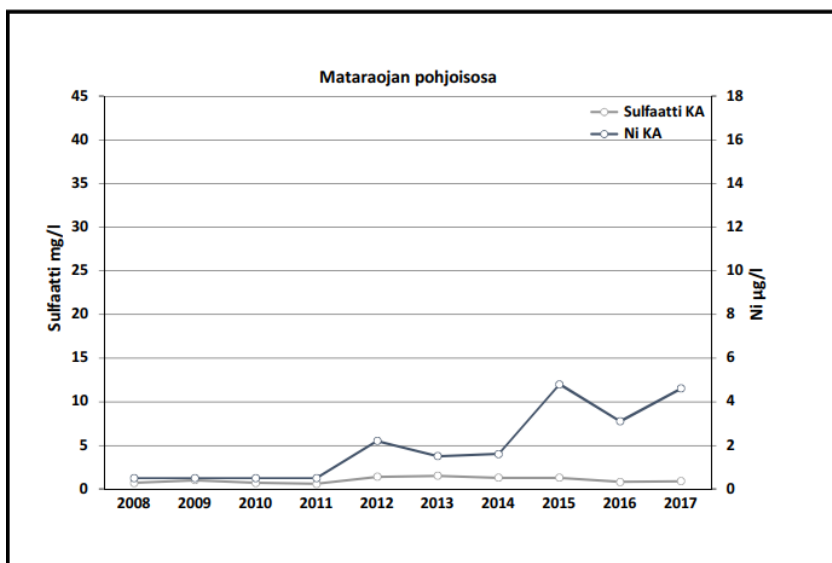
Kuva 13. Mataraojan pohjoisosan CODMn- ja väriluvun vuosikeskiarvot ja yksittäisien näytteiden pitoisuudet.



Kuva 14. Mataraojan pohjoisosan ionien ja sähkönjohtavuuden vuosikeskiarvot.

Natrium-, kloridi-, kalium- ja sulfaatti-ioneiden keskiarvoiset pitoisuudet olivat jokaisena mitattuna vuotena alle 2 mg/l. Kalsiumin pitoisuus vaihteli tarkasteluvälillä 7,8-13,8 mg/l. Sähkönjohtavuus korreloi selvästi kalsiumpitoisuuden kanssa, minkä huomaa kuvassa 14. Nikkelipitoisuuden kehitys on esitettyä sulfaatin kanssa kuvassa 15. Nikkelipitoisuuden keskiarvo oli vuosina 2008-2011 alle määrittäysrajan <0,5 µg/l. Nikkelipitoisuus kasvoi hieman vuosina 2012-2014, jolloin pitoisuus oli 1,5-2,2 µg/l välillä. Vuosien 2015-2017 keskiarvot vaihtelivat 3,1-4,8 µg/l välillä. Lahermon et al. (1996) esittämä purovesien yleinen nikkelipitoisuus on 0,14-4 µg/l. Kuparipitoisuutta oli mitattu vuodesta 2012 lähtien ja oli silloin alle määrittäysrajan (<3 µg/l) (Liite 1). Vuonna 2013 kuparipitoisuuden vuosikeskiarvo oli 1,5 µg/l ja vuonna 2017 1 µg/l. Vuosien 2014-2016 kuparipitoisuus

oli alle määrittysrajan ( $<1 \mu\text{g/l}$ ). Kuparipitoisuus on Lahermon et al. (1996) verrattuna yleisellä tasolla  $0,17\text{-}2,35 \mu\text{g/l}$ .

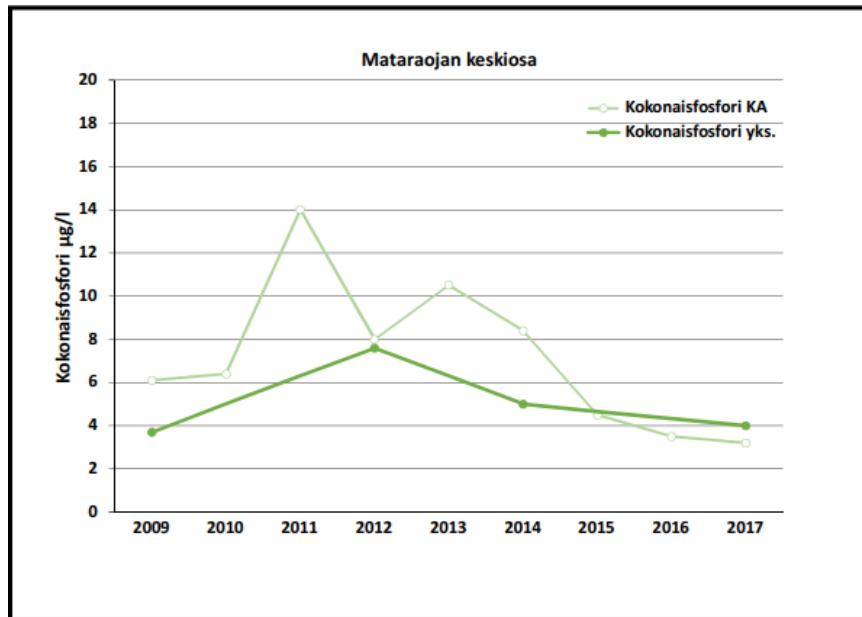


Kuva 15. Mataraojan pohjoisosan sulfaatti- ja nikkelpitoisuuden vuosikeskiarvot.

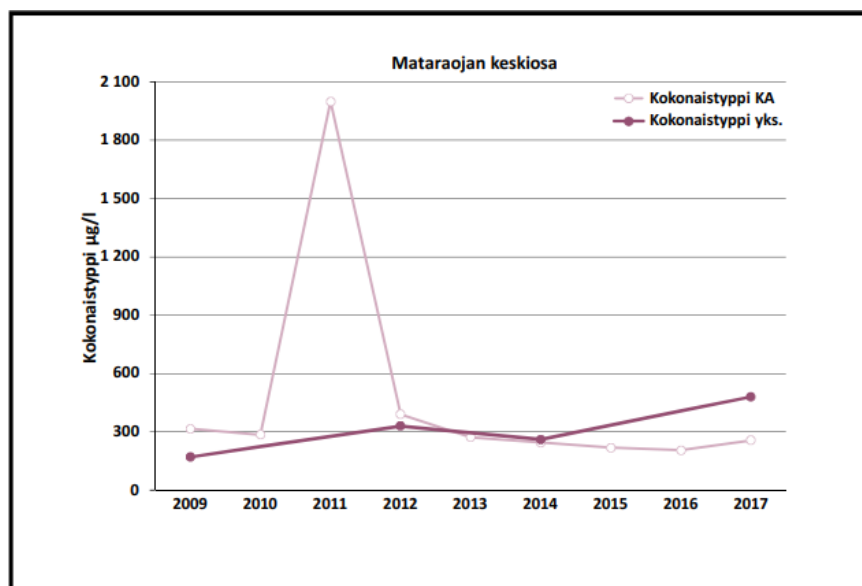
#### 5.2.2. Mataraojan keskiosa

Mataraojan keskiosan pH vaihteli vuosien 2009-2017 keskiarvojen välillä  $6,8\text{-}7,3$  (Liite 2). Loppuvuoden yksittäisien näytteiden pH vuosilta 1990, 2009, 2012, 2014 ja 2017 vaihteli välillä  $6,7\text{-}7,5$ . Sähkönjohtavuus vaihteli  $9,1\text{-}23 \text{ mS/m}$  (KA) ja  $8\text{-}19,7 \text{ mS/m}$  (yks.) välillä (Kuva 18). Suurin sähkönjohtavuus oli keskiarvotuloksien mukaan vuonna 2013. Korkeita arvoja sähkönjohtavuudessa oli myös vuosina 2012 ja 2014. Muina vuosina sähkönjohtavuus oli melko tasaisesti  $10\text{-}15 \text{ mS/m}$  välillä.

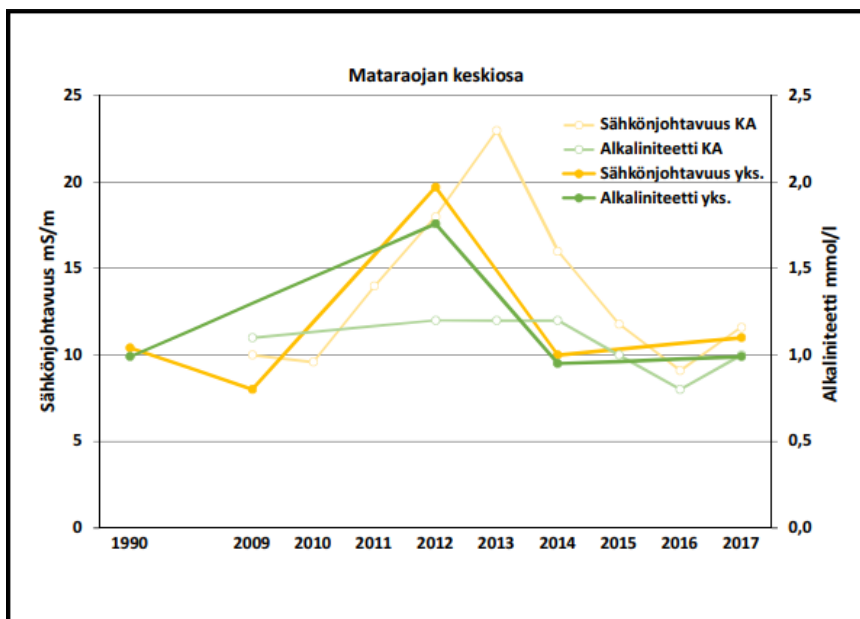
Ravinnepitoisuus pisteellä oli typen suhteen  $205\text{-}1998 \mu\text{g/l}$  (KA)  $170\text{-}480 \mu\text{g/l}$  (yks.). Vuonna 2011 typpipitoisuus oli koholla ( $1998 \mu\text{g/l}$ ), mutta muina vuosina pitoisuus oli välillä  $205\text{-}390 \mu\text{g/l}$  (KA). Fosforipitoisuus vaihteli  $3,2\text{-}14 \mu\text{g/l}$  (KA) ja  $3,7\text{-}7,6 \mu\text{g/l}$  (yks.) välillä. Vuonna 2011 myös fosforin pitoisuus oli korkea. Vuoden 2011 jälkeen typpipitoisuus laski ja pysyi tasaisena. Kokonaisfosforin pitoisuus oli tasaisesti laskeva vuodesta 2013 eteenpäin (Kuva 16).



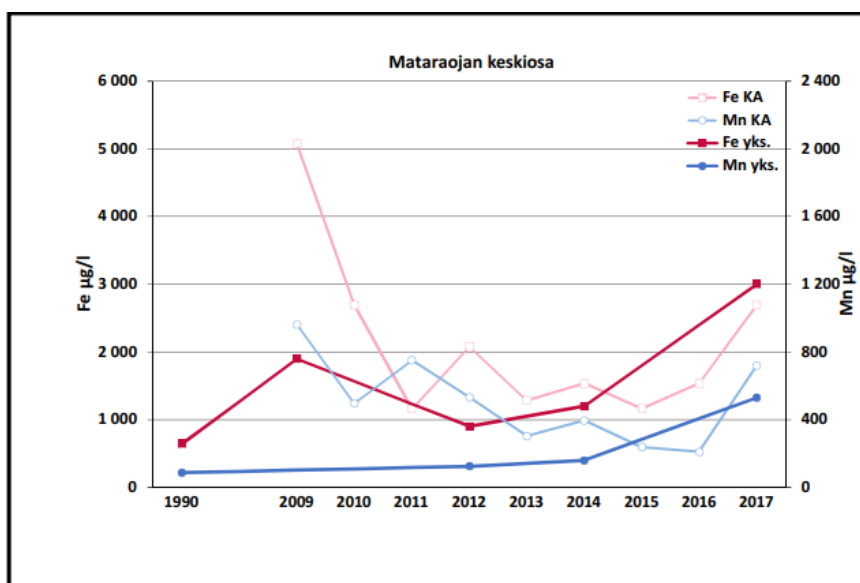
Kuva 16. Mataraojan keskiosan kokonaisfosforipitoisuuden vuosikeskiarvot ja yksittäisien näytteiden pitoisuudet.



Kuva 17. Mataraojan keskiosan kokonaistyyppipitoisuuden vuosikeskiarvot ja yksittäisien näytteiden pitoisuudet.



Kuva 18. Mataraojan keskiosan sähkönjohtavuuden ja alkaliniteetin vuosikeskiarvot ja yksittäisien näytteiden pitoisuudet.

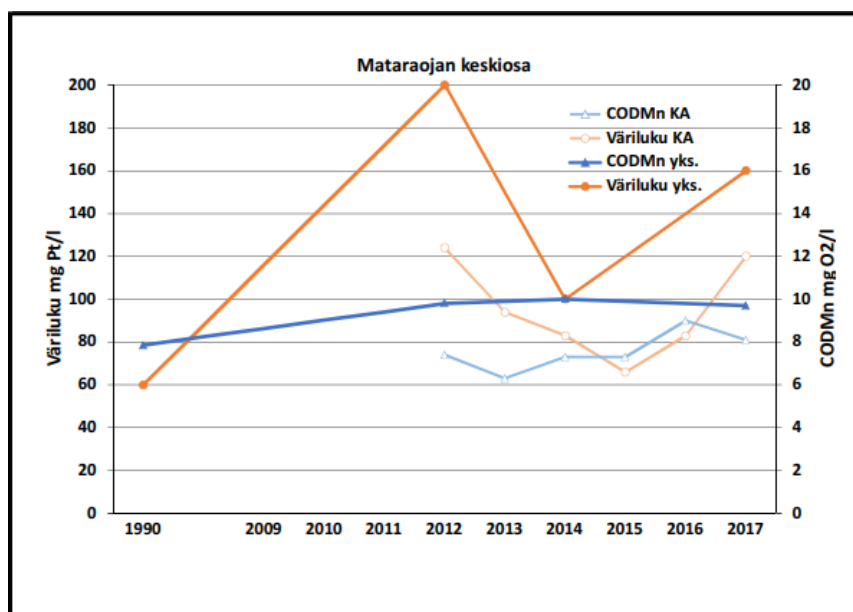


Kuva 19. Mataraojan keskiosan raudan ja mangaanin vuosikeskiarvot ja yksittäisien näytteiden pitoisuudet.

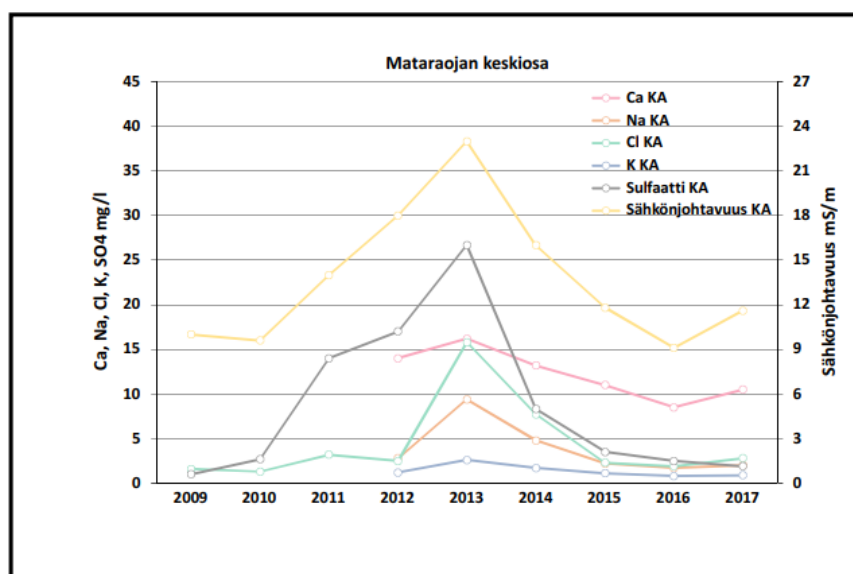
Rauta- ja mangaanipitoisuudessa oli korkeita arvoja samoina vuosina kuin pohjoisosan näytepisteellä. Rautapitoisuuden keskiarvot vaihtelivat 1158-5075 µg/l välillä ja mangaanipitoisuuden keskiarvot 211-963 µg/l välillä. Suurimmat arvot olivat vuonna 2009 ja vuonna 2017. Kaivoksen tarkkailutulosten (Ramboll 2018) perusteella pisteellä on usein alkuvuodesta raudan ja mangaanin korkeita pitoisuuksia, jotka loppuvuodesta tasaantuvat alueen perustasolle. Yksittäiset tulokset kuvaavat paremmin pisteen perustasoa, minkä voi huomata kuvaajasta (Kuva 19). Loppuvuoden yksittäisissä näytteissä rautapitoisuus oli 644-3000 µg/l välillä ja mangaanipitoisuus 88,5-530 µg/l



välillä. Vuonna 2017 oli raudan ja mangaanin suhteen korkeampia arvoja myös loppuvuodesta.



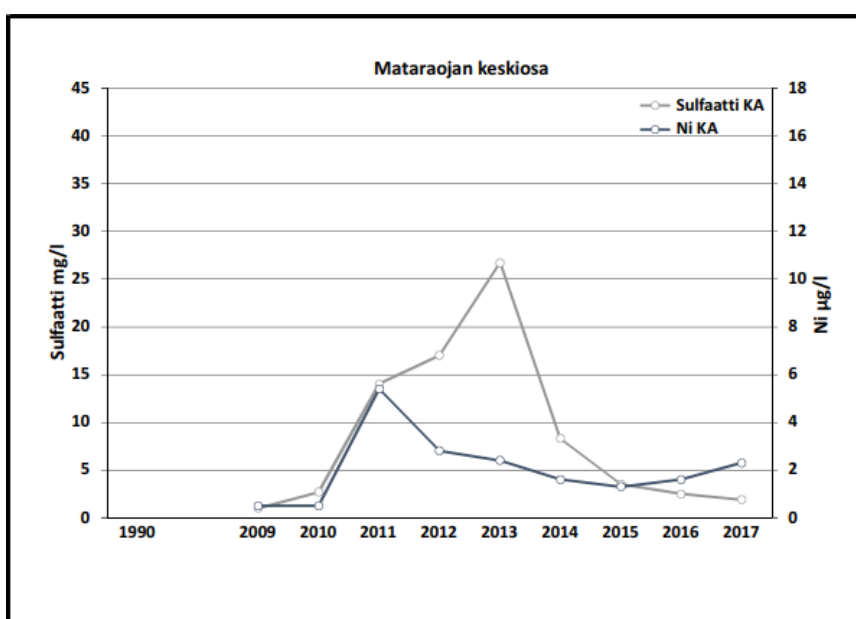
Kuva 20. Mataraojan keskiosan COD<sub>Mn</sub>- ja väriluvun vuosikeskiarvot ja yksittäisien näytteiden pitoisuudet.



Kuva 21. Mataraojan keskiosan ionien ja sähkönjohtavuuden vuosikeskiarvot.

COD<sub>Mn</sub>- ja väriluku olivat jokseenkin yhteydessä raudan ja mangaanin pitoisuuksiin vuosien 2012-2017 välillä, jolloin COD<sub>Mn</sub>-arvo vaihteli 6,3-9 mg O<sub>2</sub>/l (KA) välillä ja väriluku välillä 66-124 mg Pt/l (KA). Korkeita pitoisuuksia oli vuoden 2012 ja 2017 keskiarvotuloksissa. Yksittäisien näytteiden tuloksissa vuonna 2012 ja 2017 väriluku ei ollut yhteydessä COD<sub>Mn</sub>-arvoon, jonka kanssa väriluku usein korreloi. Vuosilta 2009-2011 ei ollut väriluvun tai COD<sub>Mn</sub>-arvon analyysituloksia.

Ionien pitoisuuksien vaihtelut on koottu kuvaan 21 yhdessä sähkönjohtavuuden kanssa. Sähkönjohtavuus korreloi hyvin sulfaatin kanssa sekä myös ionien Ca, Na, Cl ja K kanssa. Sähkönjohtavuudessa ja sulfaattipitoisuudessa oli huomattavissa vuodesta 2011 lähtien kasvua, joka huipentui vuonna 2013 ( $\text{SO}_4 = 26,7 \text{ mg/l}$ ). Vuoden 2013 jälkeen pitoisuudet laskivat perustasolle (1-3,5 mg/l) vuonna 2015. Lahermon et al. (1996) mukaan purovesien yleinen sulfaattipitoisuus vaihtelee Suomen laajuisesti 1-35 mg/l välillä. Sulfaatin pitoisuuksissa voi olla Lahermon et al. (1996) mukaan suuria paikallisia vaihteluita. Lapissa pitoisuuksien vaihtelu on hieman alhaisempaa, noin 1-11 mg/l.



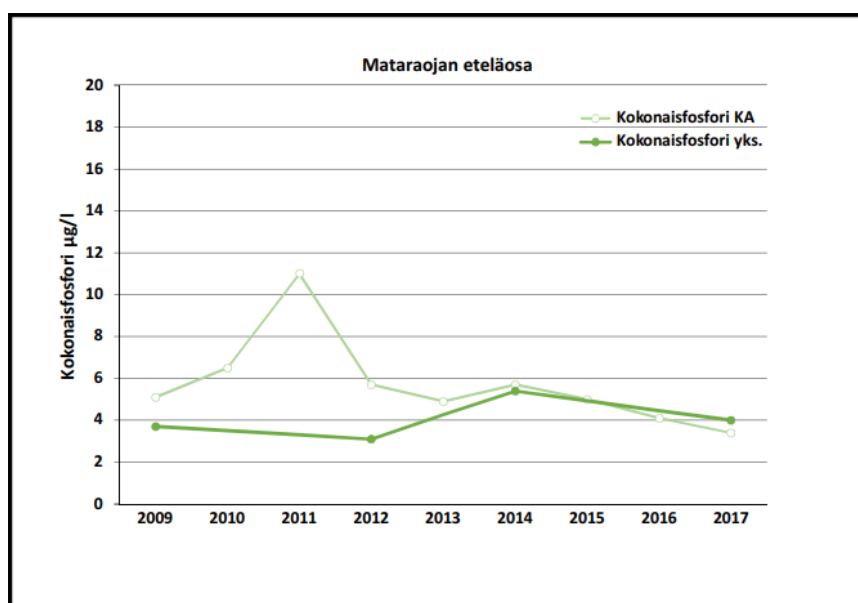
Kuva 22. Mataraojan keskiosan sulfaatti- ja nikkelpitoisuuden vuosikeskiarvot.

Nikkelpitoisuus kasvoi tarkastelujakson alussa sulfaattipitoisuuden kanssa ja vuonna 2011 nikkelpitoisuus oli korkeimmillaan: 5,4 µg/l. Vuoden 2011 jälkeen nikkelpitoisuudet laskivat ja ovat Lahermon et al. (1996) mukaisen Suomen purovesien yleisen nikkelpitoisuuden tasolla 0,14-4 µg/l. Kuparipitoisuus oli alle määritysrajan vuosina 2009, 2010 ja 2012 (<3 µg/l), vuosina 2014-2016 (<1 µg/l) ja vuonna 2017 (<0,5 µg/l) (Liite 2). Vuonna 2011 kuparipitoisuuden keskiarvo oli 3,3 µg/l ja vuonna 2013 1,4 µg/l. Kadmiumpitoisuus oli määritetty vuosina 2015-2017 ja oli alle määritysrajan 0,03 µg/l. Myös lyijyn pitoisuus oli alle määritysrajan (0,5 µg/l) mitattuina vuosina 2014-2017. Kromipitoisuus oli alle määritysrajan kaikkina vuosina paitsi vuonna 2011 (3,3 µg/l).

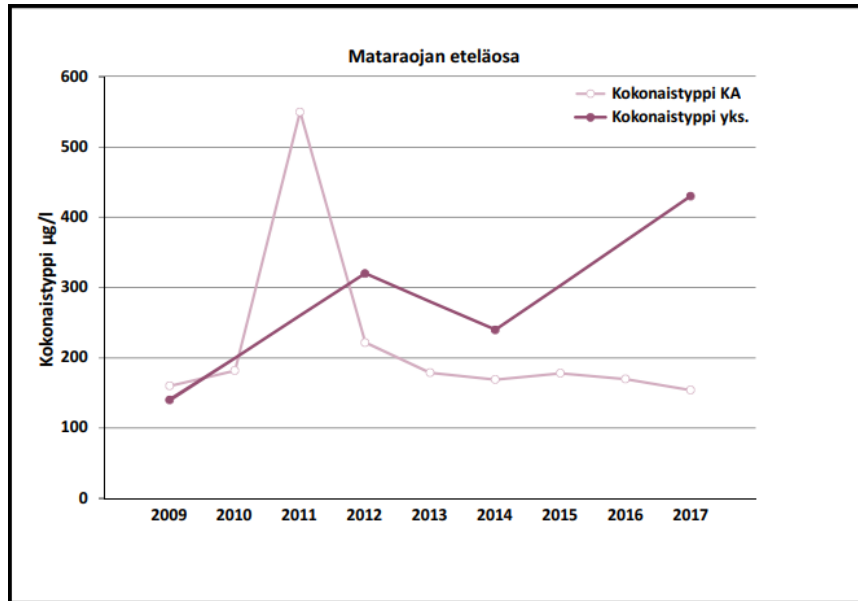
### 5.2.3. Mataraojan eteläosa

Mataraojan eteläisimmässä pisteessä veden pH vaihteli vuosien 2009-2017 keskiarvojen välillä 7,1-7,6. Vuosien 1994, 2009, 2012, 2014 ja 2017 yksittäisten näytteiden pH vaihteli välillä 6,95-7,8. Sähkönjohtavuus vaihteli 12-18,7 mS/m (KA) ja 12-20,2 mS/m (yks.) välillä (Kuva 25). Suurin arvo sähkönjohtavuudessa oli loppuvuoden 1994 näytteessä. Vuosien 2012-2014 sähkönjohtavuuden vuosittaisessa keskiarvossa on huomattavissa muita vuosia korkeampia arvoja, jotka näyttäisivät seuraavan Mataraojan keskipisteen (TP4/KevS-4) (Kuva 18) sähkönjohtavuuden muutoksia vuosina 2011-2015.

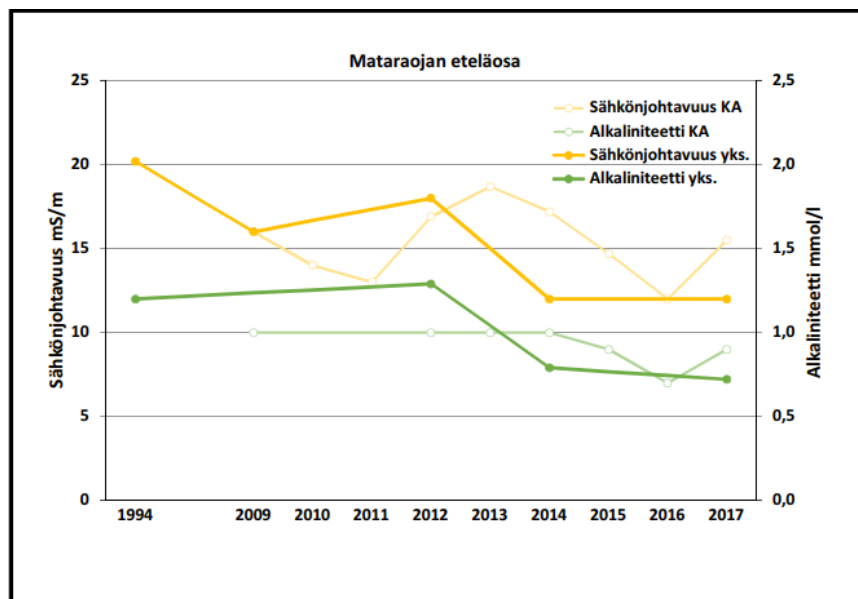
Ravinnepitoisuuksien keskiarvot vaihtelevat kokonaistypen suhteen 154-550 µg/l välillä ja fosforipitoisuudet 3,4-11 µg/l välillä. Sulka-hankkeen vuoden 2012 fosforipitoisuudessa (27,3 µg/l) ja kaivoksen tarkkailuraportin mittaustuloksessa samalta vuodelta (3,1 µg/l) oli suuri ero (Liite 3). Kuvassa 23 on käytetty tarkkailuraportin analyysitulosta Sulka-aineiston sijaan. Suurimmat arvot ravinnepitoisuuksien keskiarvoissa ovat, Mataraojan keskipisteen tulosten tavoin, vuonna 2011 (kokonaistyyppi 550 µg/l ja kokonaisfosfori 11 µg/l). Loppuvuoden yksittäisten näytteiden tulosten suhteen fosforipitoisuus oli verrattavissa keskiarvotuloksiin (Kuva 23), mutta typenpitoisuuksien keskiarvoissa ja yksittäisissä näytteissä (Kuva 24) oli eroja etenkin vuoden 2017 tuloksien välillä. Elokuun 2017 näytteessä kokonaistypenpitoisuus oli 430 µg/l ja keskiarvo vuodelta oli 154 µg/l.



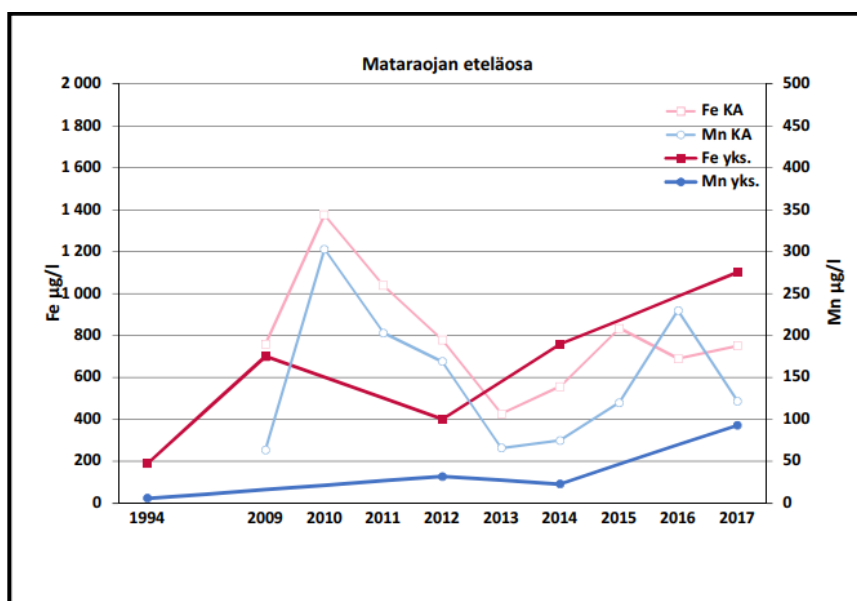
Kuva 23. Mataraojan eteläosan kokonaisfosforipitoisuuden vuosikeskiarvot ja yksittäisien näytteiden pitoisuudet.



Kuva 24. Mataraojan eteläosan kokonaistyyppipitoisuuden vuosikeskiarvot ja yksittäisien näytteiden pitoisuudet.

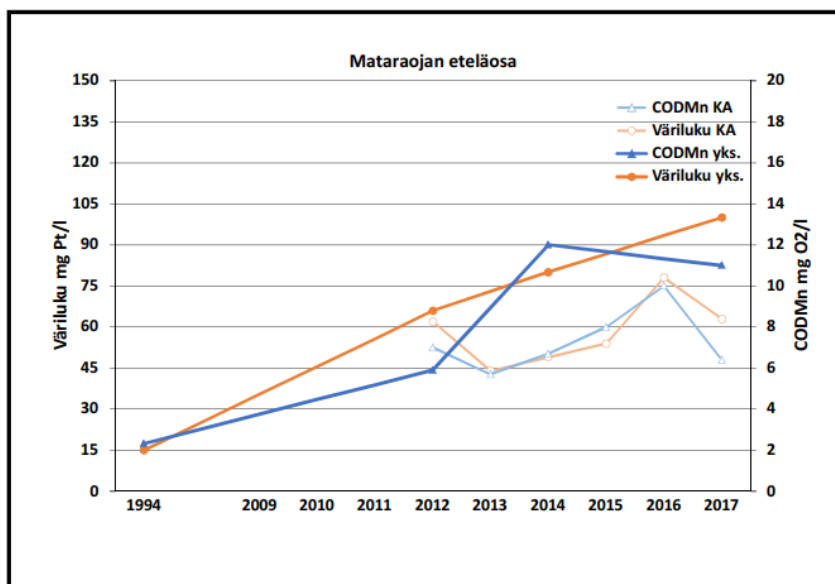


Kuva 25. Mataraojan eteläosan sähkönjohtavuuden ja alkaliniteetin vuosikeskiarvot ja yksittäisien näytteiden pitoisuudet.

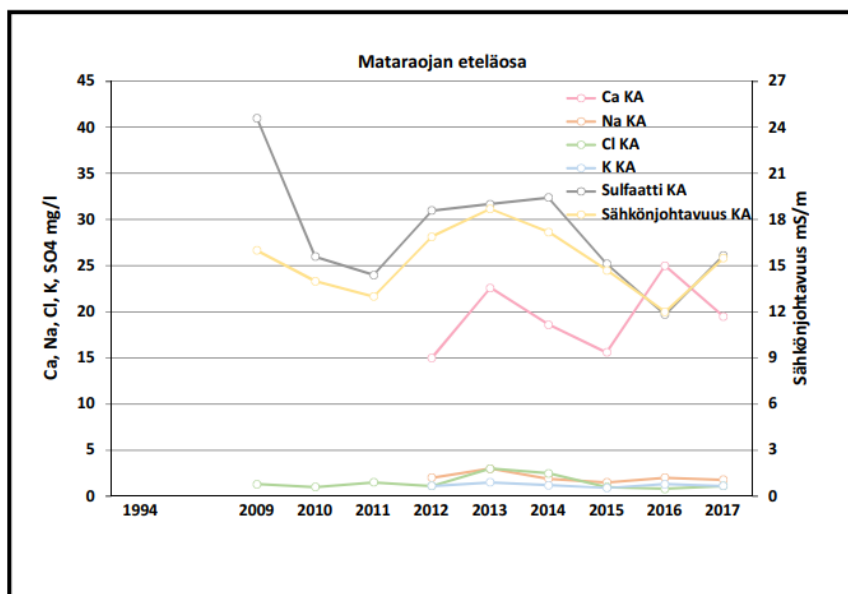


Kuva 26. Mataraojan eteläosan raudan ja mangaanin vuosikeskiarvot ja yksittäisten näytteiden pitoisuudet.

Rautapitoisuus vaihteli pisteellä 427-1375 µg/l (KA) ja 190-1100 µg/l (yks.) välillä. Mangaanipitoisuus vaihteli 64-303 µg/l (KA) ja 6-93 µg/l (yks.) välillä. Suurin poikkeama pitoisuuksissa tapahtui vuosien 2009-2012 välillä, jolloin molemmat metallipitoisuudet olivat korkeimmillaan vuonna 2010 (Kuva 26). Pitoisuudet olivat alhaiset vuonna 2013, jonka jälkeen metallipitoisuuksissa oli korkeampia arvoja.



Kuva 27. Mataraojan eteläosan COD<sub>Mn</sub>- ja väriluvun vuosikeskiarvot ja yksittäisten näytteiden pitoisuudet.

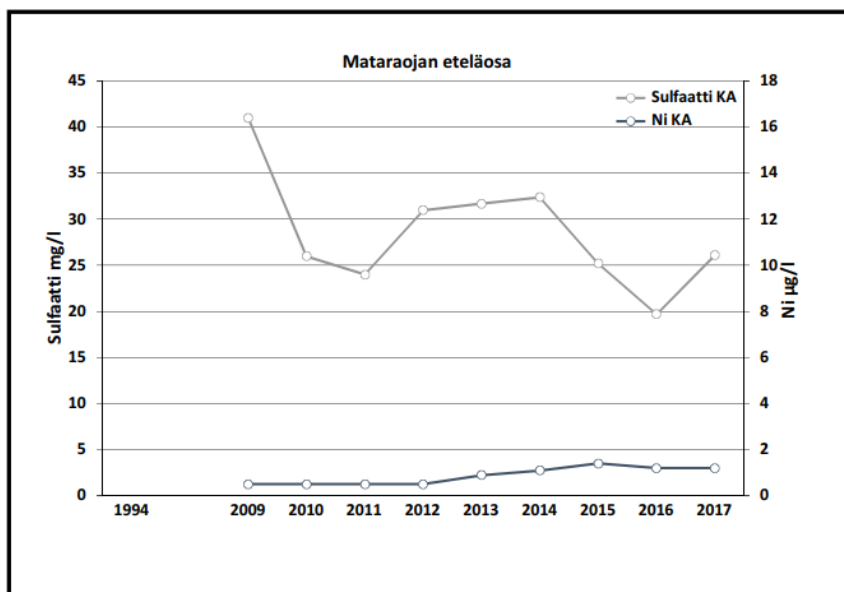


Kuva 28. Mataraojan eteläosan ionien ja sähkönjohtavuuden vuosikeskiarvot.

Humuspitoisuuden indikaattoreista (Kuva 27)  $\text{COD}_{\text{Mn}}$ -luku vaihteli vuosina 2012-2017 välillä 5,7-10  $\text{mgO}_2/\text{l}$  (KA) ja 5,9-12  $\text{mgO}_2/\text{l}$  (yks.). Väriluku vaihteli pisteellä 44-78  $\text{mgPt/l}$  (KA) ja 15-100  $\text{mgPt/l}$  (yks.). Molempien pitoisuuksien keskiarvoissa oli havaittavissa selvä kasvu vuodesta 2013 vuoteen 2016, jonka jälkeen vuonna 2017 pitoisuudet laskivat vuoden 2012 tasolle. Vuoden 1994 näytteen väriluku oli noin kolmasosan vuoden 2012 näytteen tuloksesta ja  $\text{COD}_{\text{Mn}}$ -luku noin puolet vuoden 2012 näytteen tuloksesta.

Sulfaattipitoisuus korreloituu selvästi sähkönjohtavuuden kanssa, mikä on nähtävillä kuvassa 28. Sulfaattipitoisuus vaihteli keskiarvotuloksissa 19,7-41  $\text{mg/l}$ . Ionipitoisuuksista vain kalsiumin pitoisuudessa 15-25  $\text{mg/l}$  (KA) oli huomattavia eroja. Sulfaatin määrä oli korkeimmillaan vuonna 2009 (41  $\text{mg/l}$ ) sekä korkeana myös vuosina 2012-2014. Yksittäisissä tuloksissa sulfaatin pitoisuus oli vuoden 2009 lokakuun näytteessä 57  $\text{mg/l}$  ja vuoden 1994 elokuun näytteessä 36,3  $\text{mg/l}$ .

Nikkelipitoisuus vaihteli pisteellä 0,5-1,4  $\mu\text{g/l}$  välillä ja on esitetty kuvassa 29 sulfaattipitoisuuden kanssa. Kuparipitoisuus oli alle määritysrajan (<3 tai <1  $\mu\text{g/l}$ ) kaikkina vuosina paitsi vuonna 2013 (Liite 3). Vuoden 2013 tulosten kuparipitoisuuden vuosikeskiarvo oli 2,1  $\mu\text{g/l}$ , joka on alle purovesien yleisen tason 0,17-2,35  $\mu\text{g/l}$  (Lahermo et al. 1996). Kadmium-, kromi- ja lyijypitoisuudet olivat alle määritysrajojen mitattuina vuosina (Liite 3).



Kuva 29. Mataraojan eteläosan sulfaatti- ja nikkelpitoisuuden vuosikeskiarvot.

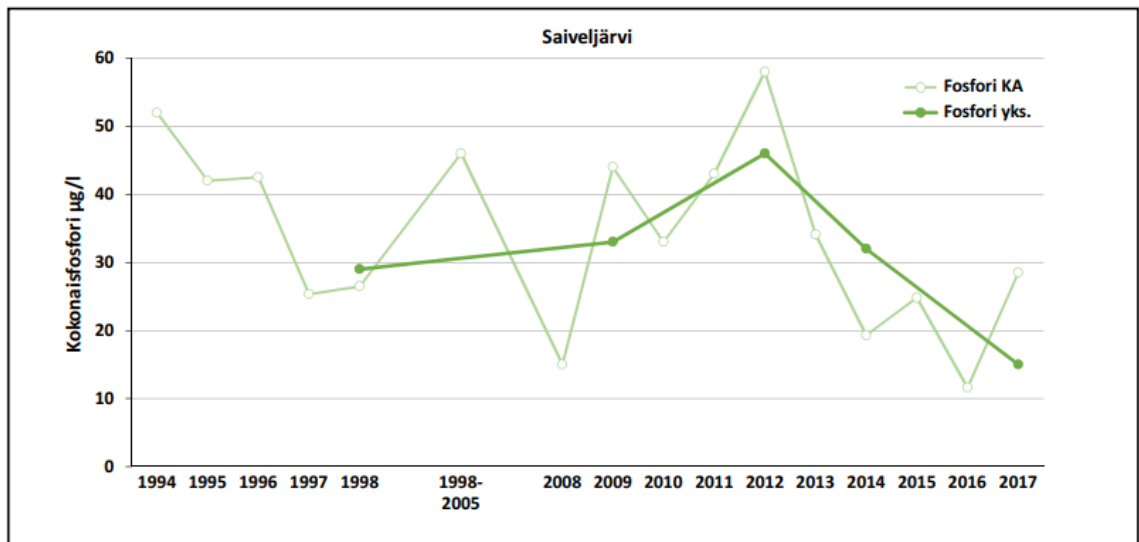
### 5.3. Saiveljärvi

Saiveljärven pH vaihteli vuosien 1994-2017 keskiarvotuloksissa välillä 6,7-7,8. Suurimmillaan pH:n keskiarvo oli vuonna 1994. Loppuvuoden yksittäisien näytteiden pH vaihteli välillä 6,3-7,8. Yksittäiset näytteet valittiin vuosilta 1994, 1998, 2009, 2012, 2014 ja 2017. Saiveljärven kaikki analyysitulokset on esitetty liitteessä 4. Vuoden 2017 huhtikuun näytteeseen joutui kaivoksen tarkkailuraportin (Ramboll 2018) mukaan humusaineita, mikä on vaikuttanut osaan pitoisuuksista. Saiveljärvestä otetaan vuosittain vain neljä näytettä, joten huhtikuun epäedustavalla näytteellä on suuri vaikutus vuosikeskiarvoon.

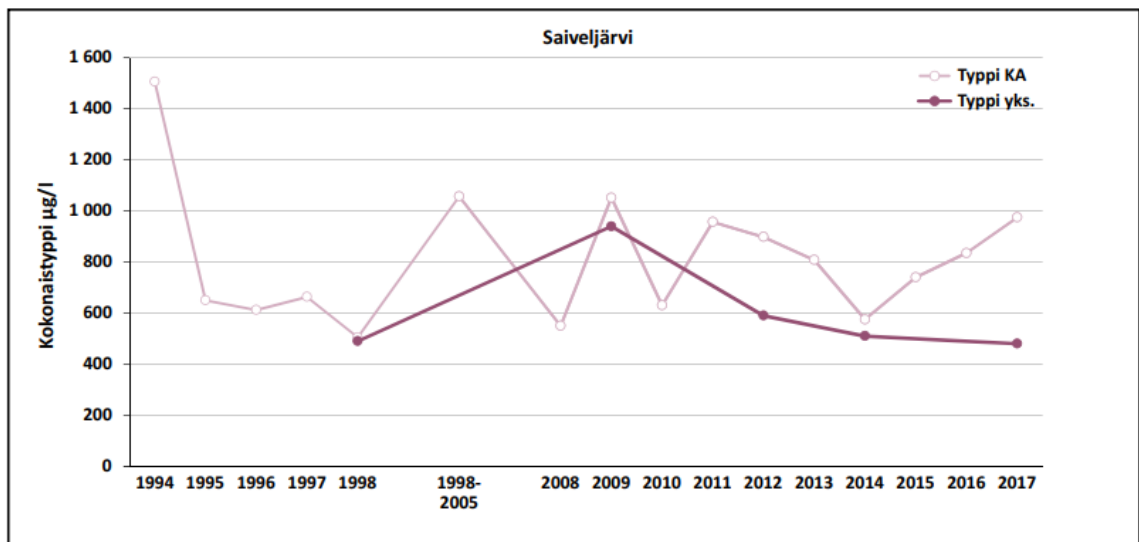
Sähkönjohtavuus vaihteli pisteellä 2,8-5,45 mS/m (KA) ja 2,9-4,4 mS/m (yks.). Suurimmat vaihtelut sähkönjohtavuudessa ja alkaliniteetissa olivat vuosina 1994-1997, mikä huomataan kuvassa 32. Tulokset olivat muutoin melko tasaisia koko tarkastelujaksona. Yksittäisten näytteiden mittaustulokset olivat lähellä vuosittaisia keskiarvoja, etenkin sähkönjohtavuuden suhteen.

Ravinnepitoisuuksien keskiarvot vaihtelivat kokonaistypen suhteen 520-1700 µg/l ja kokonaisfosforin suhteen 11,6-58 µg/l. Kokonaistyyppipitoisuus oli korkeimmillaan vuonna 1994, jonka jälkeen vuosikeskiarvo vaihteli 505-1057 µg/l välillä. Kehitys pitoisuudessa oli kasvava vuodesta 2014 lähtien (Kuva 31). Kokonaisfosforin pitoisuuden

keskiarvo oli korkeimmillaan vuonna 2012 sekä korkealla myös vuonna 1994 (52  $\mu\text{g/l}$ ) (Kuva 30). Fosforipitoisuus laski melko säännöllisesti vuodesta 1994 vuoteen 1997 sekä vuodesta 2012 vuoteen 2016. Vuodesta 2008 vuoteen 2012 pitoisuus pääsääntöisesti kasvoi. Kokonaistypen ja -fosforin välillä on nähtävillä samanaikaisesti tapahtuvia muutoksia. Ravinnepitoisuuksien yksittäisten näytteiden pitoisuudet vaihtelivat typen suhteen 480-940  $\mu\text{g/l}$  ja kokonaisfosforin suhteen 15-46  $\mu\text{g/l}$ .

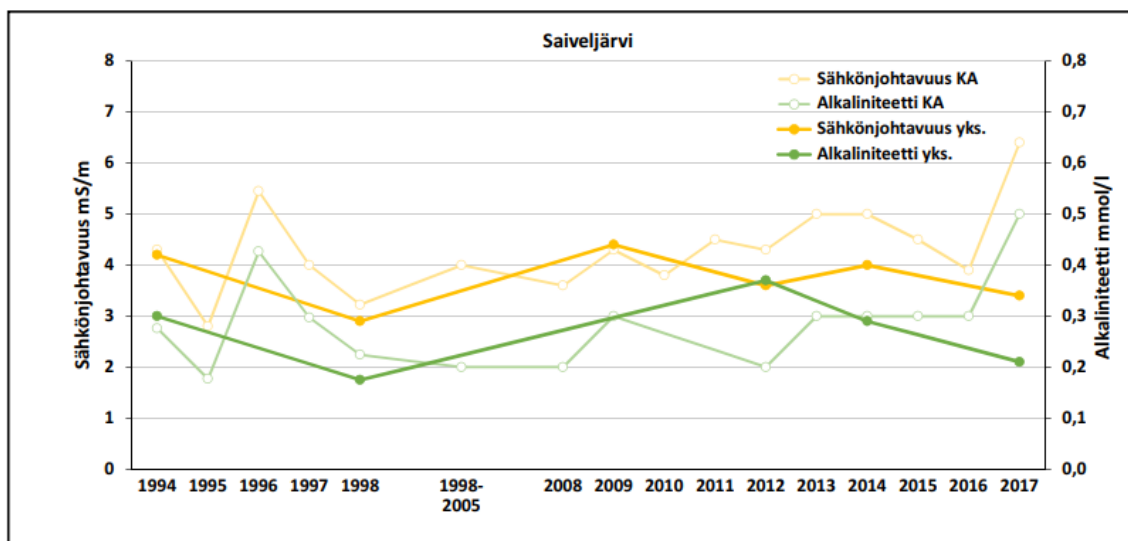


Kuva 30. Saiveljärven kokonaisfosforipitoisuuden vuosikeskiarvot ja yksittäisten näytteiden pitoisuudet.

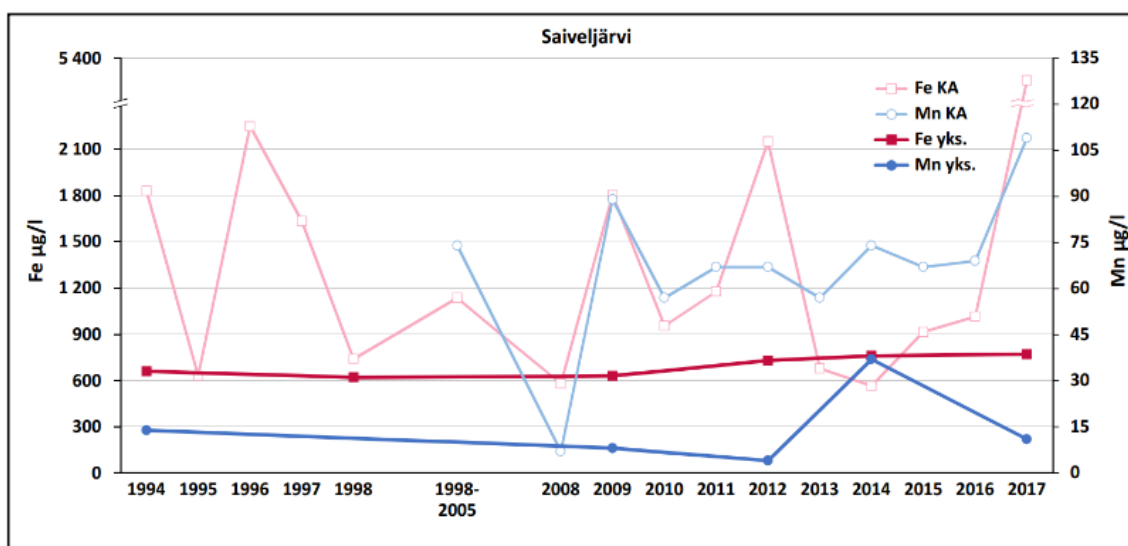


Kuva 31. Saiveljärven kokonaistyyppipitoisuuden vuosikeskiarvot ja yksittäisten näytteiden pitoisuudet.





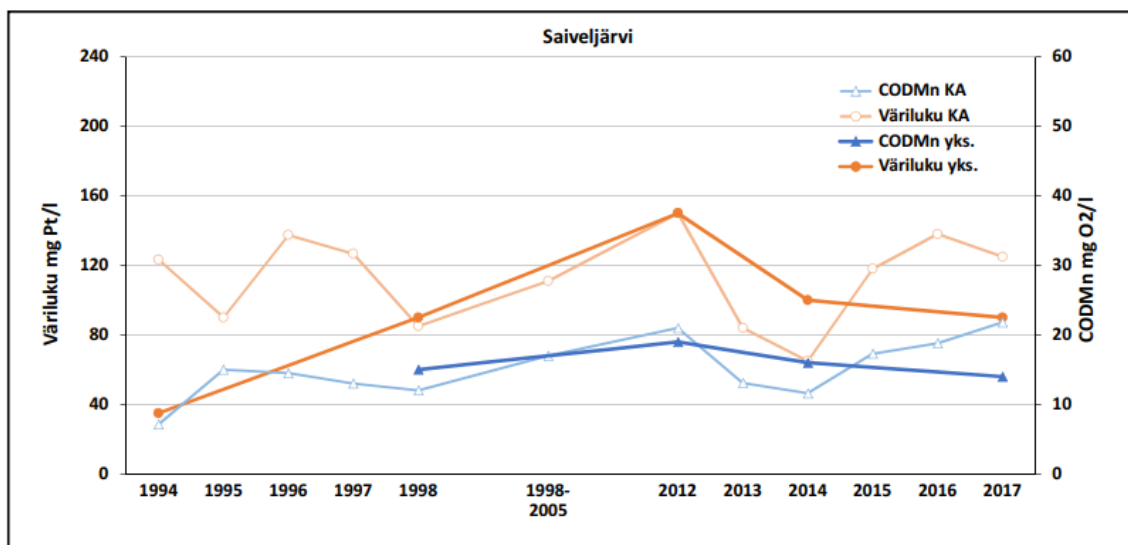
Kuva 32. Saiveljärven sähköjohtavuuden ja alkaliniteetin vuosikeskiarvot ja yksittäisten näytteiden pitoisuudet.



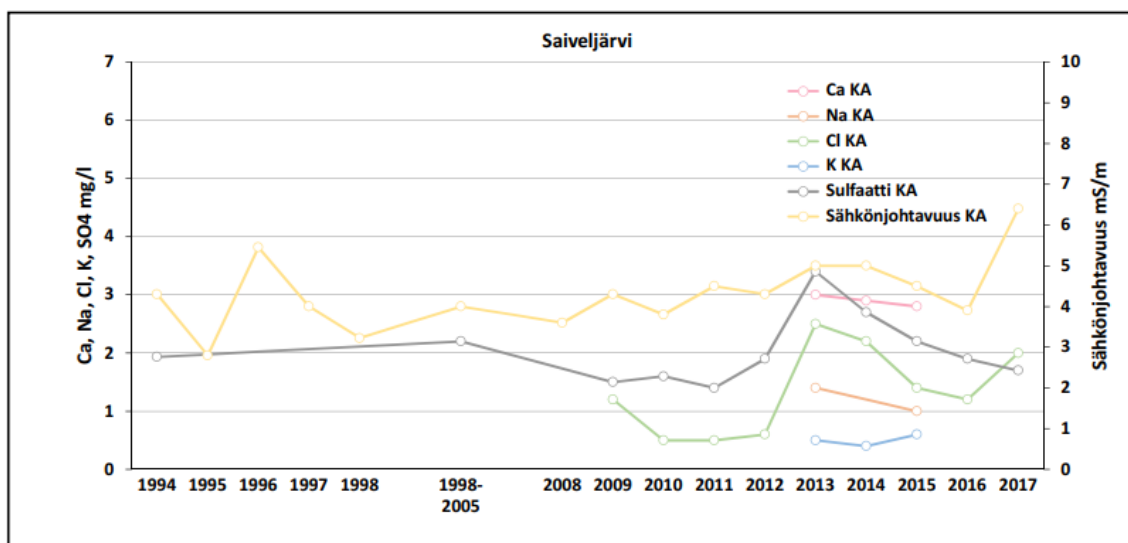
Kuva 33. Saiveljärven raudan ja mangaanin vuosikeskiarvot ja yksittäisten näytteiden pitoisuudet.

Rautapitoisuus korreloi mangaanipitoisuuden kanssa, mikä on nähtävissä kuvassa 33, vuodesta 1998 lähtien. Rauta- ja mangaanin keskiarvopitoisuuksissa on hyvin paljon vuosien välistä vaihtelua. Vuodesta 2010 lähtien keskiarvopitoisuuksien kehitys oli lievästi kasvava, vaihtelusta huolimatta. Rautapitoisuudet vaihtelivat 565-2250 µg/l välillä, kun suurinta keskiarvoa (5255 µg/l) vuodelta 2017 ei huomioida. Suurimmat rautapitoisuuden keskiarvot olivat vuoden 2017 lisäksi vuosina 1996 ja 2012. Mangaanipitoisuuden keskiarvo vaihteli tarkastelujaksona 7-89 µg/l, kun vuoden 2017 keskiarvotulos (109 µg/l) jätetään huomioimatta. Loppuvuoden yksittäisten näytteiden pitoisuudet vaihtelivat melko tasaisesti raudan osalta 620-770 µg/l ja mangaanin osalta

4,01-37,00 µg/l. Yksittäisien loppuvuoden näytteiden ja vuosikeskiarvojen tulosten välillä ei näyttäisi olevan riippuvuutta.



Kuva 34. Saiveljärven COD<sub>Mn</sub>- ja väriluvun vuosikeskiarvot ja yksittäisien näytteiden pitoisuudet.

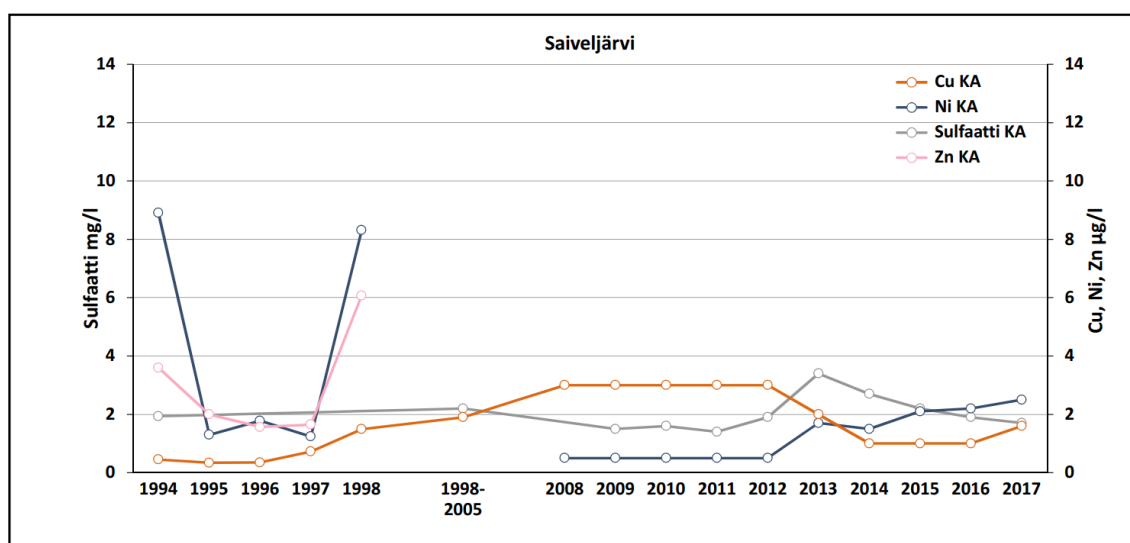


Kuva 35. Saiveljärven ionien ja sähkönjohtavuuden vuosikeskiarvot.

Humuspitoisuudesta indikoiva COD<sub>Mn</sub>-luvun pitoisuus vaihteli keskiarvotuloksien välillä 7,1-21,8 mg O<sub>2</sub>/l ja väriluvun pitoisuus 65-150 mg Pt/l. COD<sub>Mn</sub>- ja väriluku korreloivat keskenään etenkin vuosien 2012-2017 tuloksien välillä, mikä on nähtävissä kuvassa 34. Molempien lukujen suurimmat arvot olivat vuosina 2012 ja 2017. Vuodesta 2012 molempien lukujen keskiarvot laskivat vuoteen 2014, jonka jälkeen COD<sub>Mn</sub>- ja väriluvun keskiarvot kasvoivat vuoteen 2016 saakka. Loppuvuoden yksittäisien näytteiden COD<sub>Mn</sub>-luku vaihteli 14-19 mg O<sub>2</sub>/l välillä ja väriluku vaihteli 35-150 mgPt/l välillä. Yksittäisien näytteiden tulokset olivat lähellä vuosikeskiarvojen tuloksia vuosina 1998 ja 2012, toisin

kuin vuosina 2014 ja 2017. Vuonna 1994 väriluvun yksittäisen näytteen ja vuosikeskiarvon tuloksien välillä oli myös eroa.

Ionipitoisuuksien vuosikeskiarvot on esitetty sähkönjohtavuuden ja sulfaattipitoisuuden vuosikeskiarvojen kanssa kuvassa 35. Sulfaatti- ja kloridipitoisuus kasvoi vuonna 2013, jonka jälkeen pitoisuudet laskivat vuoden 2012 tasolle, ainakin sulfaatin osalta, vuonna 2016. Muita ionipitoisuuksia on analysoitu vain muutamina vuosina. Vuonna 2017 kloridipitoisuus kasvoi edellisvuoteen verrattuna sähkönjohtavuuden kanssa.

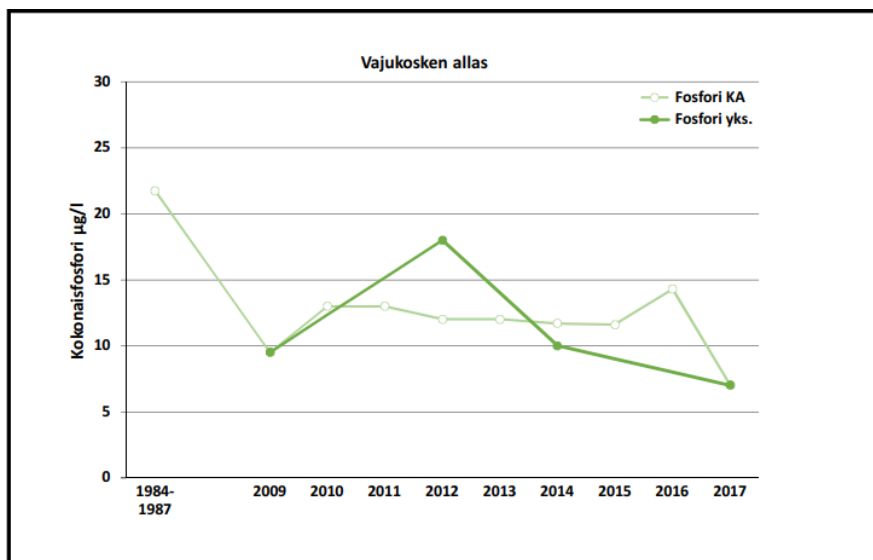


Kuva 36. Saiveljärven kupari-, nikkeli-, sulfaatti- ja sinkkipitoisuuden vuosikeskiarvot.

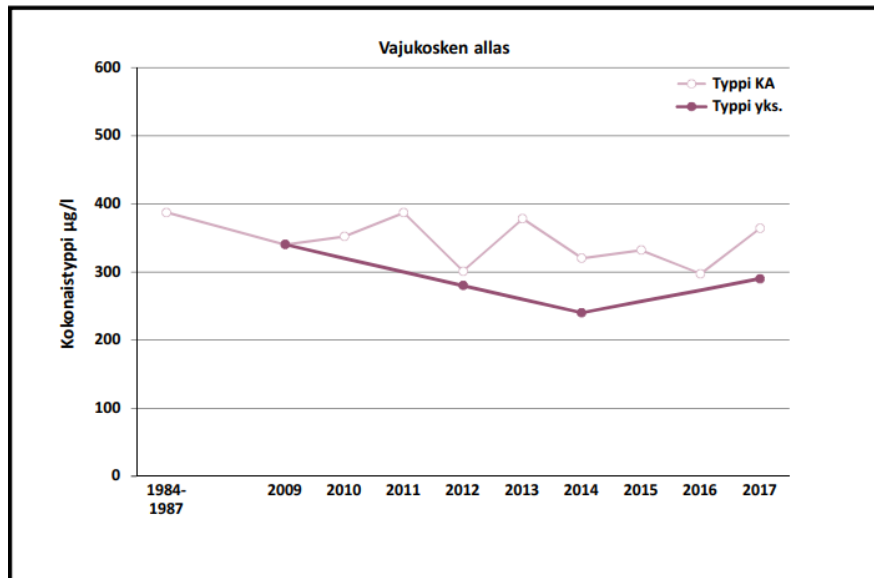
Vuosina 1994-1998 kuparipitoisuuden vuosikeskiarvo vaihteli välillä 0,34-1,49 µg/l. Vuoden 2013 kuparipitoisuuden keskiarvoksi laskettiin 2 µg/l ja vuonna 2017 keskiarvo oli 1,6 µg/l. Kuparipitoisuus oli vuosien 2008-2012 välillä alle määrittäysrajan 3 µg/l ja vuosien 2014-2016 välillä alle määrittäysrajan 1 µg/l. Kuparipitoisuus on mitattujen arvojen osalta Lahermon et al. (1996) mukaisella purovesien yleisellä tasolla 0,17-2,35 µg/l. Nikkelipitoisuudessa oli korkeita arvoja vuosien 1994 ja 1998 alkupuolilla, mikä vaikutti kyseisten vuosien keskiarvoihin. Vuonna 1994 nikkelpitoisuus oli 8,9 µg/l ja vuonna 1998 8,3 µg/l. Jättäen 90-luvun poikkeukset pitoisuuksissa huomioimatta, nikkelpitoisuus vaihteli tarkastelujakson aikana välillä 0,5-2,5 µg/l. Sulfaattipitoisuus vaihteli 1,4-3,4 mg/l ja suurin arvo oli vuonna 2013. Nikkelipitoisuus on lähes Lahermon et al. (1996) mukaisella yleisellä tasolla 0,8 – 2 µg/l. Sinkkipitoisuus vaihteli vuosien 1994 ja 1998 keskiarvojen välillä 0,15-0,69 µg/l. Suurimpia pitoisuuksia mitattiin vuosina 1994 (0,33 µg/l) ja 1998 (0,69 µg/l). Alumiinipitoisuudesta ei ollut vuosikeskiarvotuloksia.

#### 5.4. Vajukosken allas

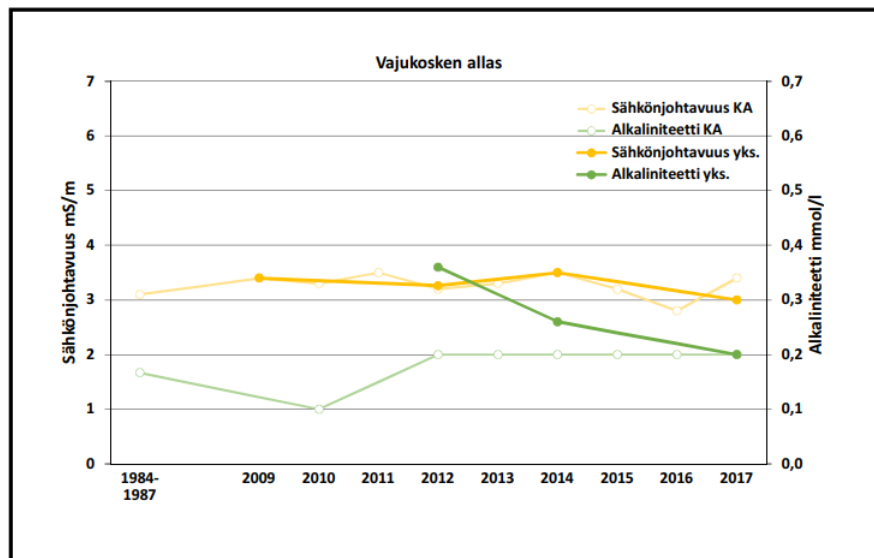
Vajukosken tulokset on kokonaisuudessaan esitettyä liitteessä 5. Tulosten pH vaihteli vuosien 1984-2017 keskiarvojen välillä 6,7-7,1. Loppuvuoden yksittäisien näytteiden pH vuosilta 2009, 2012, 2014 ja 2017 vaihteli välillä 6,95-7,2. Sähkönjohtavuus vaihteli keskiarvotuloksissa 2,8-3,5 mS/m ja yksittäisien näytteiden tuloksissa 3,0-3,5 mS/m. Sähkönjohtavuudessa ei ole suuria eroja tarkastelujakson aikana (Kuva 39). Ravinnepitoisuuksista kokonaistyyppipitoisuus vaihteli välillä 297-387,5 µg/l (KA) ja 240-340 µg/l (yks.). Kokonaisfosforipitoisuus oli suurin (21,8 µg/l) vuosien 1984-1987 yhdistetyn keskiarvon tuloksessa. Vuosina 2009-2017 fosforipitoisuuden keskiarvot vaihtelivat 7-14,3 µg/l välillä.



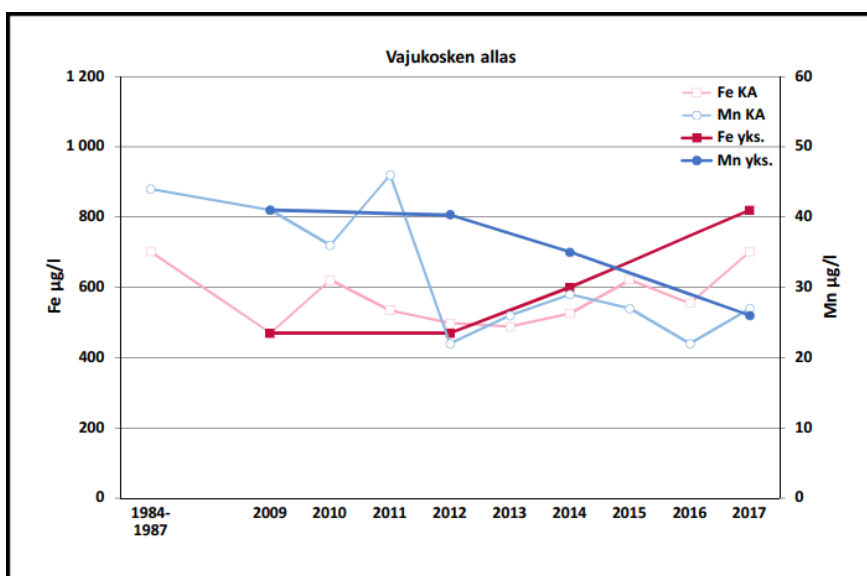
Kuva 37. Vajukosken altaan kokonaisfosforipitoisuuden vuosikeskiarvot ja yksittäisien näytteiden pitoisuudet.



Kuva 38. Vajukosken altaan kokonaistyyppipitoisuuden vuosikeskiarvot ja yksittäisien näytteiden pitoisuudet.

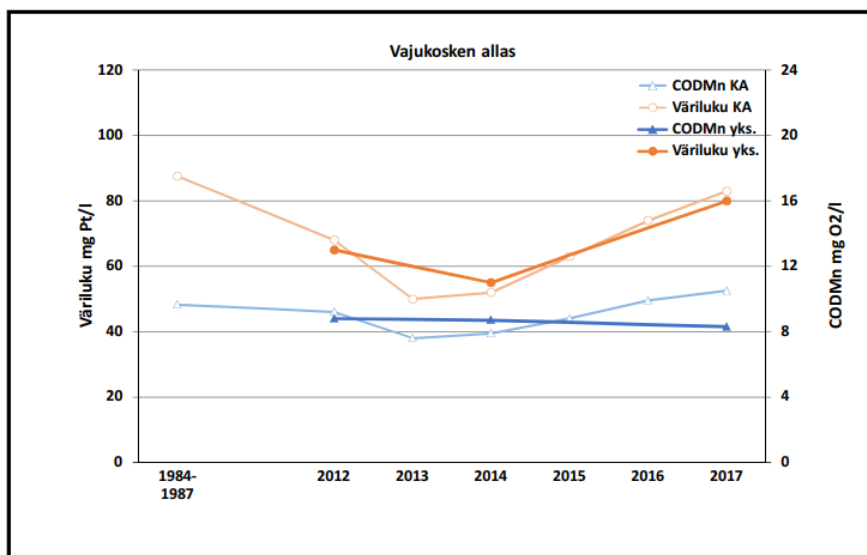


Kuva 39. Vajukosken altaan sähkönjohtavuuden ja alkaliniteetin vuosikeskiarvot ja yksittäisien näytteiden pitoisuudet.

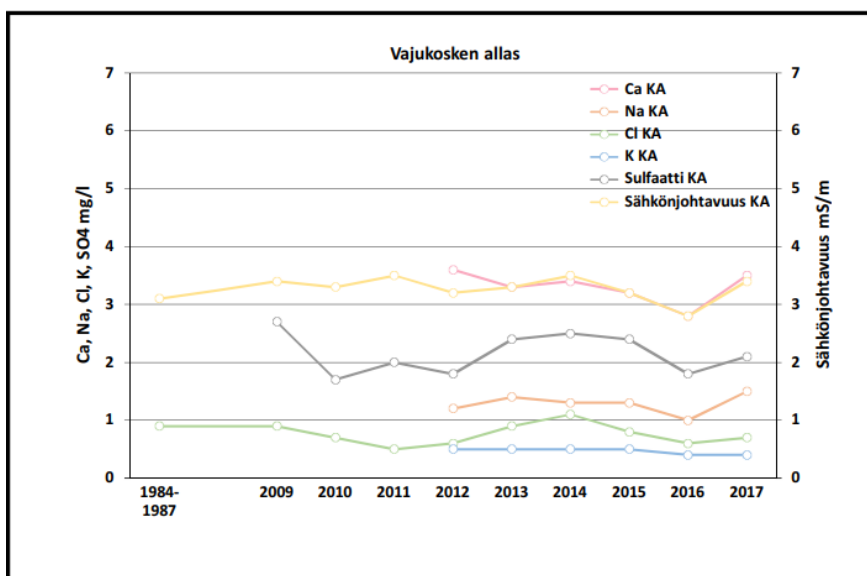


Kuva 40. Vajukosken altaan raudan ja mangaanin vuosikeskiarvot ja yksittäisien näytteiden pitoisuudet.

Rautapitoisuus vaihteli 470-703 µg/l (KA) ja 470-820 µg/l (yks). Suurimmat pitoisuudet raudan keskiarvoissa olivat vuosien 1984-1987 tuloksessa (703 µg/l) ja vuonna 2017 (702 µg/l). Rautapitoisuus oli keskiarvotulosten perusteella laskeva vuodesta 2010 vuoteen 2013 saakka. Vuodesta 2013 eteenpäin rautapitoisuuden kehitys oli pääosin kasvava. Mangaanipitoisuus vaihteli välillä 22-46 µg/l (KA) ja 26-41 µg/l (yks.). Vuosina 1984-2011 mangaanipitoisuuden keskiarvot olivat huomattavasti korkeampia kuin vuodesta 2012 vuoteen 2017. Suurin mangaanipitoisuuden keskiarvo oli vuonna 2011. Loppuvuoden yksittäisien näytteiden tuloksissa mangaanipitoisuudet olivat laskussa vuodesta 2012 lähtien. Mangaanipitoisuuden keskiarvo kasvoi vuodesta 2012 vuoteen 2014, jonka jälkeen mangaanipitoisuus laski vuoteen 2016 asti. Rauta- ja mangaanipitoisuudet ovat yhteydessä keskenään, mikä on huomattavissa etenkin vuosien 2012-2017 tuloksien välillä.



Kuva 41. Vajukosken altaan COD<sub>Mn</sub>- ja väriluvun vuosikeskiarvot ja yksittäisien näytteiden pitoisuudet.

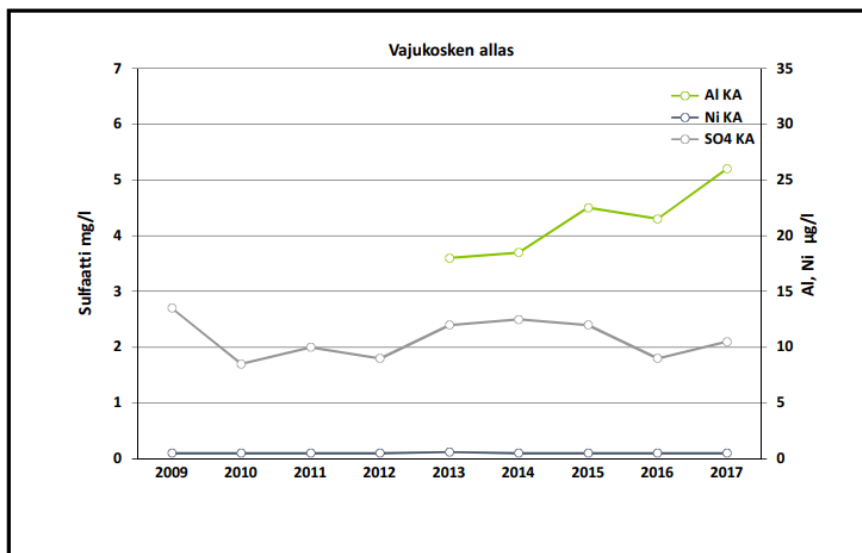


Kuva 42. Vajukosken altaan ionien ja sähkönjohtavuuden vuosikeskiarvot.

Humuspitoisuuden indikaattoreista COD<sub>Mn</sub>-luku vaihteli välillä 7,6-10,5 mg O<sub>2</sub>/l (KA) ja 8,3-8,7 mg O<sub>2</sub>/l (yks.). Väriluku vaihteli välillä 50-83 mg Pt/l (KA) ja 55-80 mg Pt/l (yks.). COD<sub>Mn</sub>- ja väriluvun keskiarvotulokset laskivat vuodesta 1984 vuoteen 2013 (Kuva 41). Vuodesta 2013 eteenpäin humuspitoisuus kasvoi aina vuoteen 2017 asti. Loppuvuoden yksittäisien näytteiden tulokset olivat melko hyvin yhteydessä keskiarvotuloksiin.

Sähkönjohtavuus ei huomattavasti vaihdellut pisteillä, mikä huomataan myös ionipitoisuuksien vähäisestä vuosittaisista vaihteluista (Kuva 42). Kuvan 42 perusteella sähkönjohtavuuteen vaikuttaisi eniten kalsium-, natrium- ja sulfaatti-ionipitoisuus.

Sulfaattipitoisuus vaihteli vuosikeskiarvotuloksien välillä 1,7-2,7 µg/l ja korkeimmillaan pitoisuus oli vuonna 2009. Sulfaattipitoisuudessa oli myös hieman muita vuosia korkeampia arvoja vuosina 2013-2015.



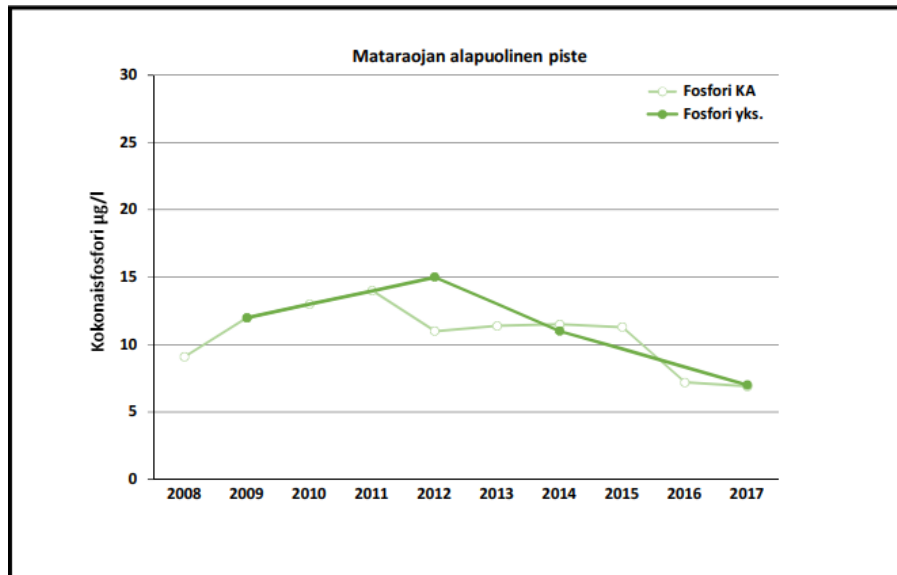
Kuva 43. Vajukosken altaan alumiini-, nikkeli- ja sulfaattipitoisuuksien vuosikeskiarvot.

Nikkelipitoisuus oli pääosin alle 0,5 µg/l, paitsi vuonna 2013 0,6 µg/l. Kuparipitoisuus oli alle määrittäysrajan vuonna 2012 (<3 µg/l), vuosina 2014-2016 (<1 µg/l) ja vuonna 2017 (<0,5 µg/l) (Liite 5). Vuonna 2013 kuparipitoisuuden keskiarvo oli 2,4 µg/l. Lyijypitoisuuden keskiarvo oli mitattuina vuosina alle määrittäysrajan 0,5 µg/l, sinkkipitoisuus alle määrittäysrajan 5 µg/l ja kadmiumpitoisuus alle 0,03 µg/l. Alumiinipitoisuuden vuosikeskiarvo vaihteli 18-26 µg/l välillä ja kuten kuvassa 43 esitetään, on ollut kasvussa vuodesta 2013 lähtien.

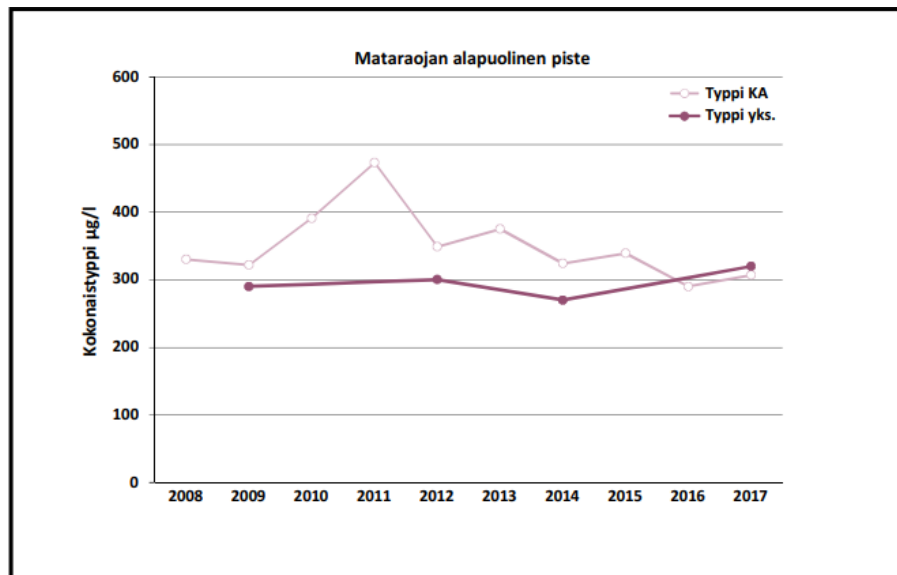
### 5.5. Mataraojan alapuolinen piste

Mataraojan suun alapuolisella pisteellä vuosittaisien keskiarvojen pH vaihteli 6,9-7,1. Loppuvuoden yksittäisissä näytteissä vuosina 2009, 2012, 2014 ja 2017 pH:n vaihtelu oli 6,9-7,5 (Liite 6). Sähkönjohtavuus vaihteli 3,5-4,7 mS/m (KA) ja 3,4-4,7 mS/m (yks.). Sähkönjohtavuus oli suurin vuosina 2013-2014, jonka jälkeen sähkönjohtavuus laski vuoteen 2016. Alkaliniteetti korreloi selvästi sähkönjohtavuuden kanssa.



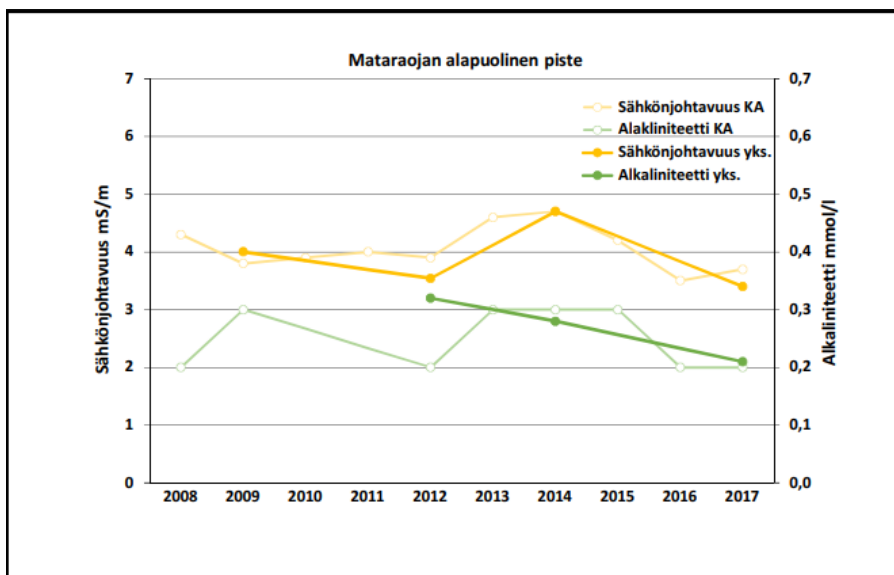


Kuva 44. Mataraojan alapuolisen näytepisteen kokonaisfosforipitoisuuden vuosikeskiarvot ja yksittäisien näytteiden pitoisuudet.

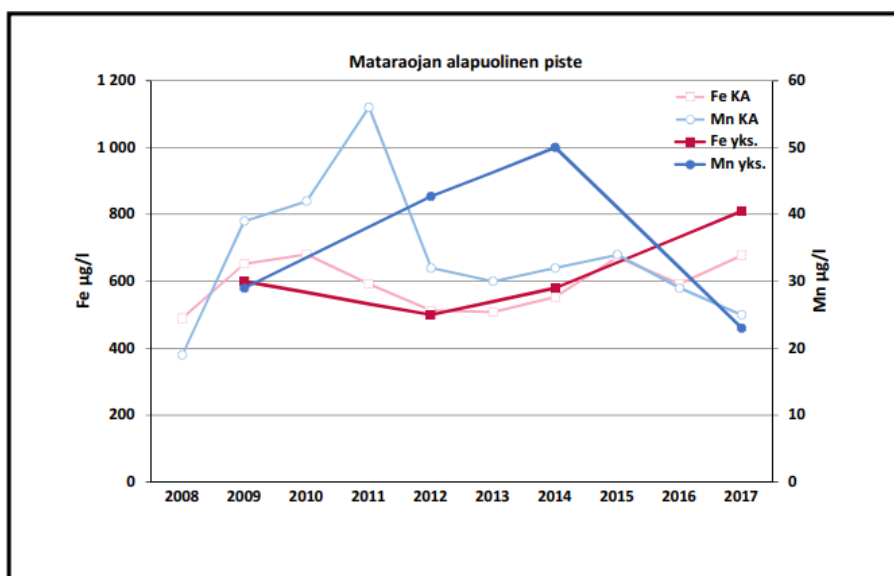


Kuva 45. Mataraojan alapuolisen näytepisteen kokonaistyppipitoisuuden vuosikeskiarvot ja yksittäisien näytteiden pitoisuudet.

Ravinnepitoisuuksista kokonaistyppipitoisuus vaihteli välillä 290-473 µg/l (KA) ja 270-320 µg/l (yks.). Kokonaisfosforipitoisuus vaihteli 6,9-14 µg/l (KA) ja 7-15 µg/l (yks.). Ravinnepitoisuuksien keskiarvot olivat korkeimmat vuonna 2011, jonka jälkeen pitoisuudet pääsääntöisesti laskivat tarkastelujakson loppua kohti.



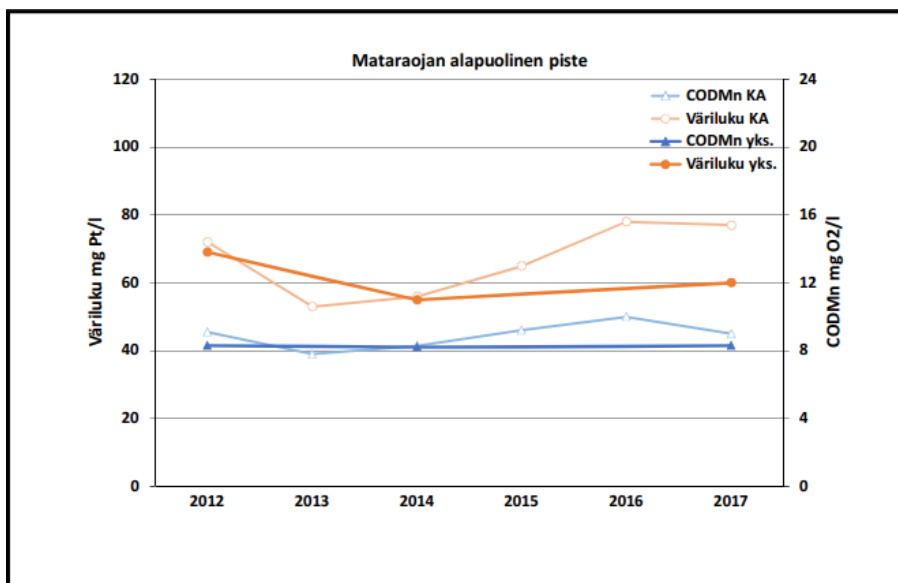
Kuva 46. Mataraojan alapuolisen näyteenpisteen sähkönjohtavuuden ja alkaliniteetin vuosikeskiarvot ja yksittäisien näytteiden pitoisuudet.



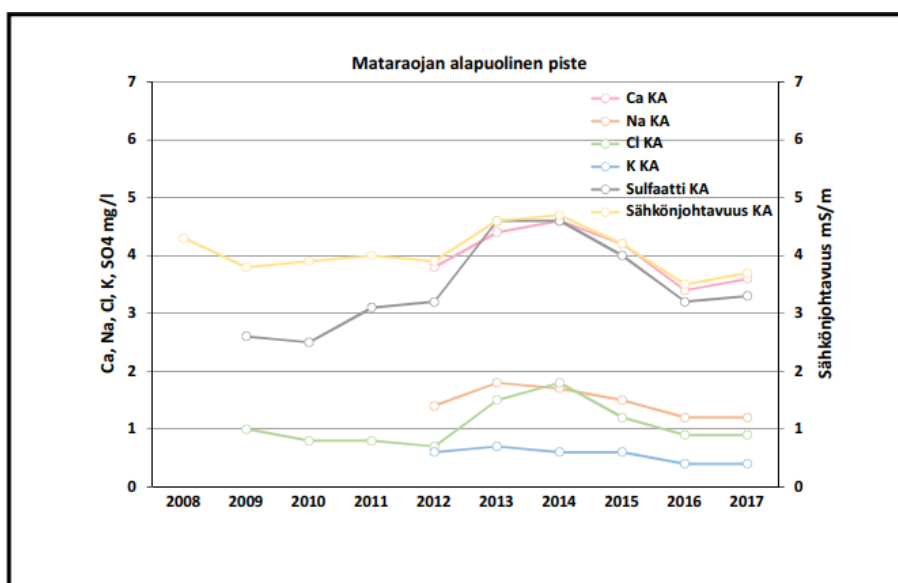
Kuva 47. Mataraojan alapuolisen näyteenpisteen raudan ja mangaanin vuosikeskiarvot ja yksittäisien näytteiden pitoisuudet.

Rauta- ja mangaanipitoisuuksien vaihtelu vuosien 2008-2017 välillä on esitettyä kuvassa 47. Rautapitoisuus vaihteli tarkastelujakson välillä 490-681 µg/l (KA) ja 500-810 µg/l (yks.). Mangaanipitoisuus vaihteli 19-56 µg/l (KA) ja 23-50 µg/l (yks.). Rautapitoisuus kasvoi vuodesta 2008 vuoteen 2010, jonka jälkeen pitoisuus laski vuoteen 2013. Vuodesta 2013 rautapitoisuus oli pääosin kasvussa vuoteen 2017 asti. Mangaanipitoisuus kasvoi vuodesta 2008 vuoteen 2011, jonka jälkeen pitoisuuden vaihtelu oli melko tasaista ja laski vuodesta 2015 vuoteen 2017. Rauta- ja mangaanipitoisuus vaihteli Lahermon et al. (1996) purovesien yleisillä tasoilla (Mn 2-145 µg/l, Fe 60-2600 µg/l).

Humuspitoisuuden indikaattorit pysyivät tarkastelujaksona melko tasaisena (Kuva 48). COD<sub>Mn</sub>-luku vaihteli 7,8-10 mg O<sub>2</sub>/l (KA) ja 8,2-8,3 mg O<sub>2</sub>/l (yks.) välillä ja väriluku välillä 53-78 mg Pt/l (KA) ja 55-69 mg Pt/l (yks.). COD<sub>Mn</sub>- ja väriluvun keskiarvot laskivat vuodesta 2012 vuoteen 2013 ja kasvoivat vuodesta 2013 vuoteen 2016. Vuonna 2017 pitoisuuksien keskiarvot laskivat edellisvuoteen verrattuna.



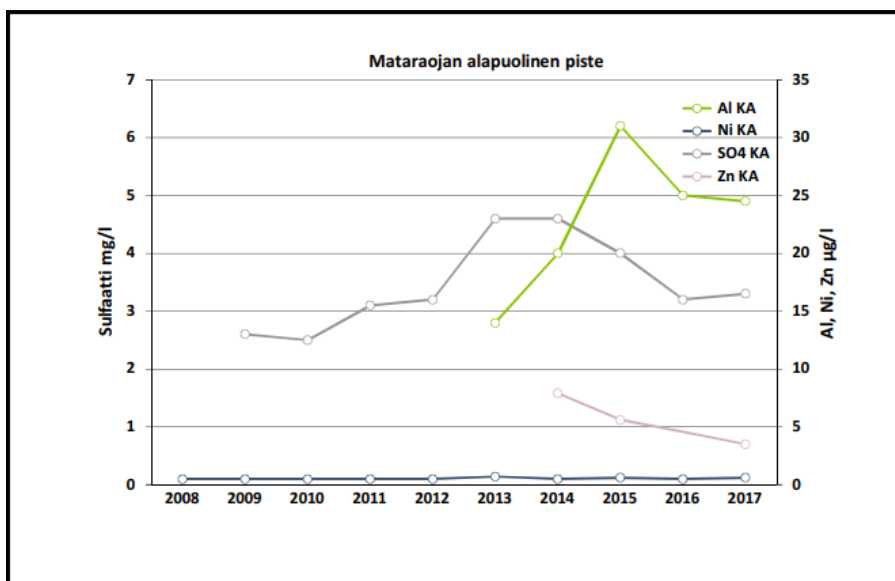
Kuva 48. Mataraojan alapuolisen näytepisteen COD<sub>Mn</sub>- ja väriluvun vuosikeskiarvot ja yksittäisien näytteiden pitoisuudet.



Kuva 49. Mataraojan alapuolisen näytepisteen ionien ja sähkönjohtavuuden vuosikeskiarvot.

Ionipitoisuuksien ja sähkönjohtavuuden vuosikeskiarvot on koottu kuvassa 49, josta nähdään sulfaatin, kalsiumin ja kloorin korreloivan vahvasti sähkönjohtavuuden kanssa.

Sulfaattipitoisuus vaihteli tarkasteluvälillä 2,5-4,6 mg/l ja oli alhaisimmillaan vuosina 2009-2010. Sulfaattipitoisuus kasvoi pisteellä vuodesta 2009 vuoteen 2012 saakka. Sulfaatti-, kalsium-, natrium ja kloridipitoisuudet kasvoivat runsaimmin vuonna 2013. Niin ionipitoisuudet kuin sähkönjohtavuus olivat korkeimmillaan vuosina 2013 ja 2014. Ionipitoisuudet laskivat takaisin lähes vuoden 2012 tasolle vuonna 2016. Vuoden 2017 keskiarvot kasvoivat hieman edellisvuoteen verrattuna kalsiumin, sulfaatin ja sähkönjohtavuuden osalta.



Kuva 50. Mataraojan alapuolisen näytenpisteen alumiini-, nikkeli-, sulfaatti- ja sinkkipitoisuuksien vuosikeskiarvot.

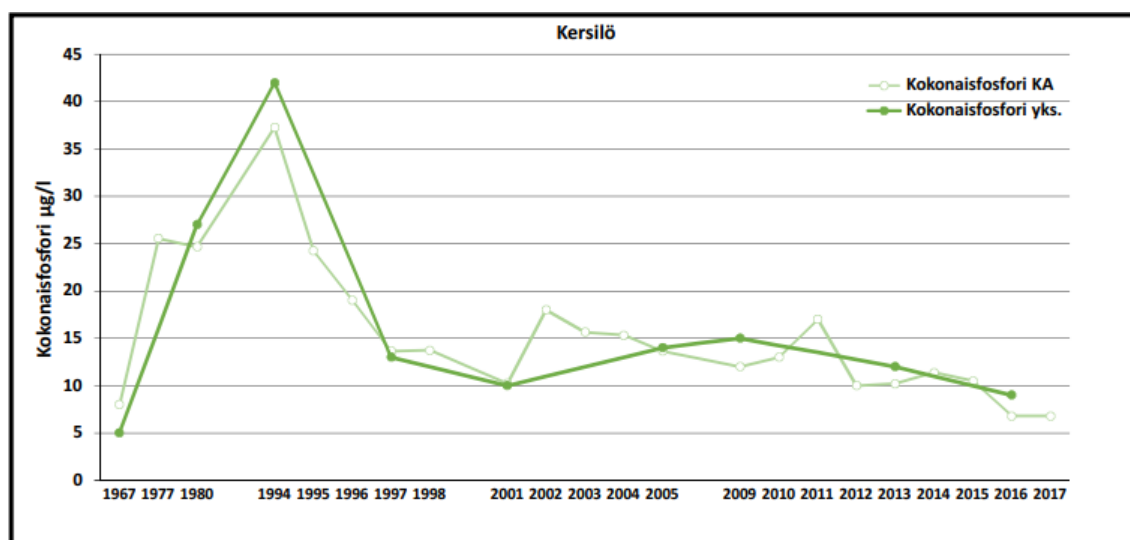
Pisteellä mitattujen raskasmetallipitoisuuksien vuosikeskiarvoista kadmium oli alle 3 µg/l (mitattu vuosina 2013-2017). Kromipitoisuus oli alle määrittäysrajan 3 µg/l vuodesta 2008 vuoteen 2012 ja alle 1 µg/l vuodesta 2013 vuoteen 2017. Kuparipitoisuuden keskiarvo oli alle 3 µg/l vuodesta 2008 vuoteen 2012. Vuonna 2013 kuparipitoisuuden keskiarvoksi oli laskettu 1,8 µg/l. Vuodesta 2014 vuoteen 2016 kuparipitoisuus oli alle 1 µg/l ja vuonna 2017 alle 0,5 µg/l. Lyijypitoisuuden keskiarvo oli mitattuina vuosina 2014-2017 alle 0,5 µg/l. Nikkelipitoisuus oli mitattu vuodesta 2008 vuoteen 2012 0,5 µg/l. Vuodesta 2013 eteenpäin pitoisuudessa on nähtävillä pientä vaihtelua 0,5-0,7 µg/l (Kuva 50) samaan aikaan kuin sulfaatin pitoisuus kasvoi pisteellä.

Sinkkipitoisuus vaihteli välillä 3,5-7,9 µg/l. Pitoisuus laski vuodesta 2014 vuoteen 2017. Alumiinipitoisuus oli mitattu vuodesta 2013 asti ja pitoisuus vaihteli 14-31 µg/l. Korkein pitoisuuden keskiarvo oli vuonna 2015, jonka jälkeen pitoisuus on ollut noin 25 µg/l vuosikeskiarvoltaan.

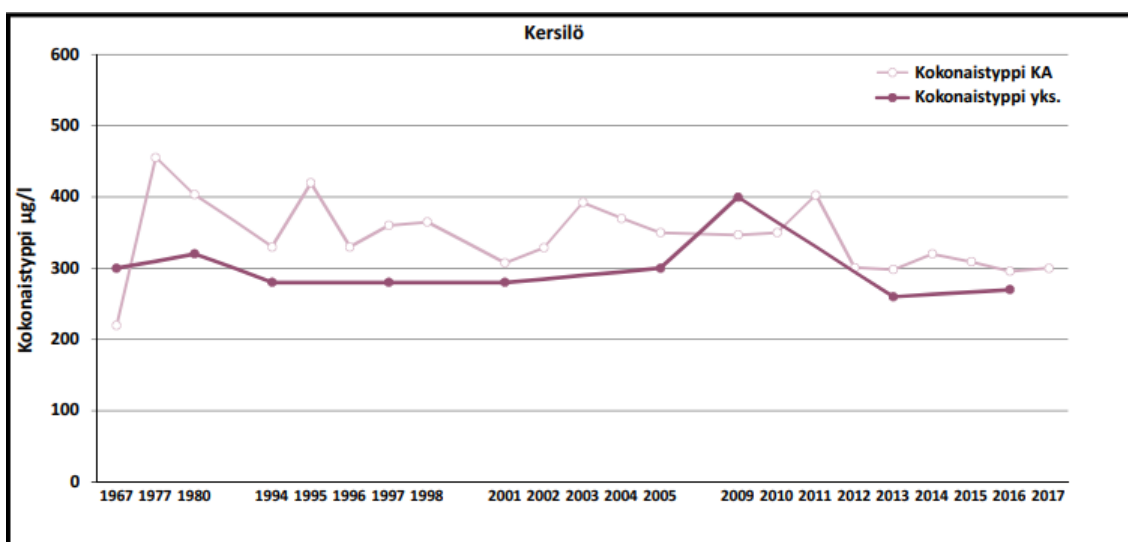
## 5.6. Kersilö

Kitisen tarkkailupisteellä Kersilön kylän kohdalla tarkkailua on tehty kahdessa pisteessä: Kersilö 109 ja Ke11/KevS-13/P15. Kersilö 109:stä mittaustuloksia valittiin vuodesta 1967 lähtien vuoteen 1998 asti. Toisesta pisteestä mittaustuloksia valittiin vuodesta 2001 lähtien. Vuosilta 1967-2005 osan tulosten osalta laskettiin vuosittaisen keskiarvojen lisäksi myös mediaanitulokset, jotka ovat nähtävissä liitteessä 7. Loppuvuoden mittaustuloksiksi valitsin elo-, syys- ja lokakuussa otettuja näytteitä vuosilta 1967, 1980, 1994, 1997, 2001, 2005, 2009, 2013 ja 2017.

Happamuus vaihteli Kersilössä keskiarvojen välillä 6,6-7,2 ja yksittäisten näytteiden välillä 6,9-7,4. Sähkönjohtavuus vaihteli keskiarvojen välillä 3,2-5,4 mS/m ja yksittäisissä näytteissä välillä 3,2-6 mS/m. Sähkönjohtavuuden keskiarvo oli tarkastelujaksolla korkein vuosina 1967 ja 1980 ja korkea yksittäisissä näytteissä vuosina 1980, 1994 ja 1997.

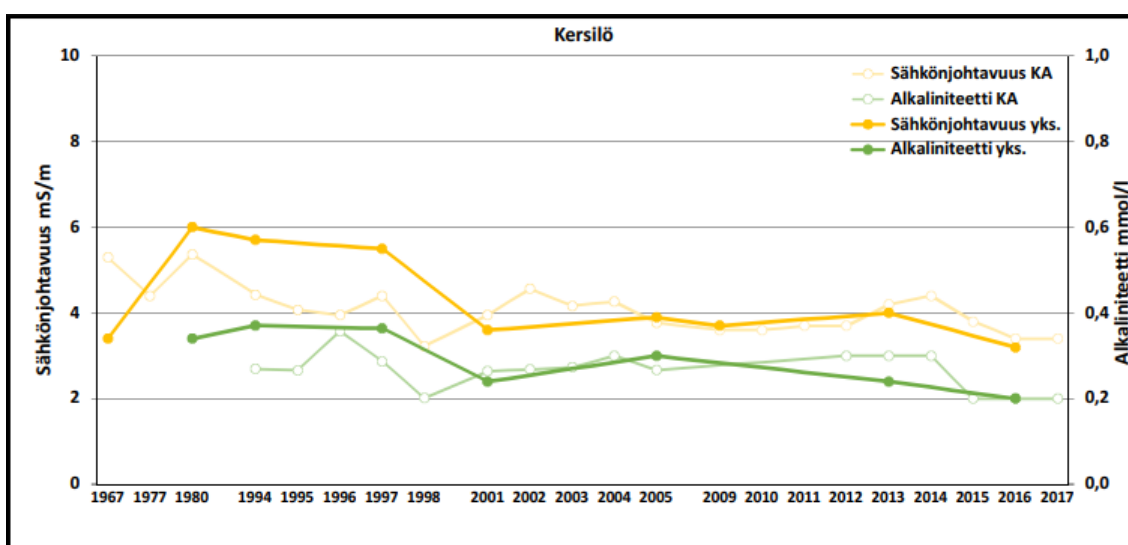


Kuva 51. Kersilön kokonaisfosforipitoisuuden vuosikeskiarvot ja yksittäisien näytteiden pitoisuudet.

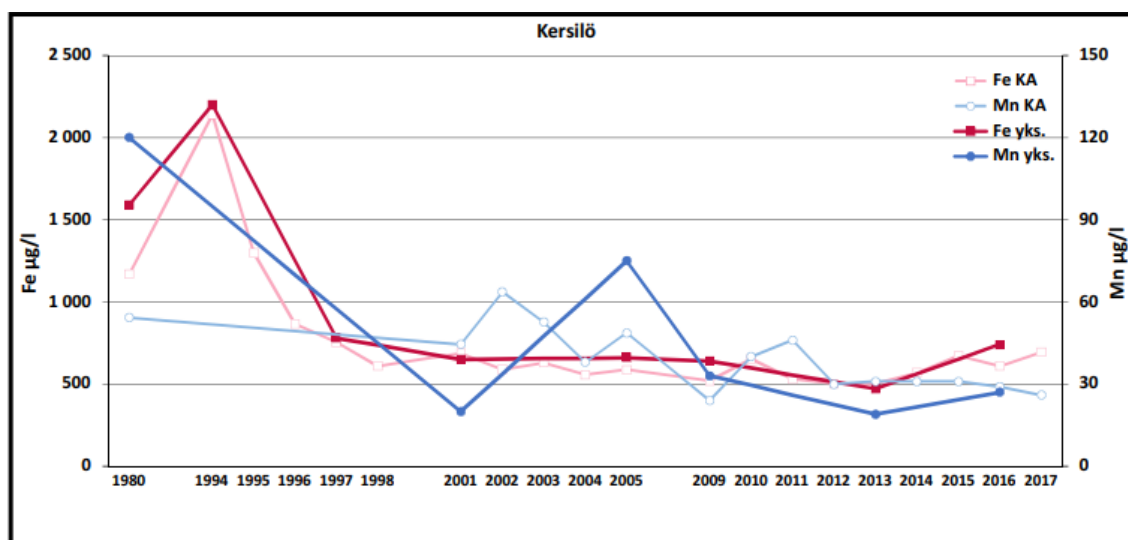


Kuva 52. Kersilön kokonaistyyppipitoisuuden vuosikeskiarvot ja yksittäisien näytteiden pitoisuudet.

Ravinnepitoisuuksista kokonaistyyppipitoisuus (Kuva 52) vaihteli 220-456 µg/l (KA) ja 260-440 µg/l (yks.). Kokonaistyyppipitoisuuden vuosikeskiarvojen vaihtelu oli suurinta vuosina 1967-2011, jolloin myös korkeimmat pitoisuudet ilmenivät vuosina 1977 ja 1995. Vuodesta 2012 eteenpäin vuosittainen muutos tyyppipitoisuuden keskiarvossa oli melko vähäinen. Kokonaisfosforipitoisuus (Kuva 51) vaihteli vuosikeskiarvojen välillä 6,8-37,3 µg/l ja loppuvuoden tuloksissa 5-42 µg/l. Korkeimmillaan fosforipitoisuus oli vuonna 1994. Fosforipitoisuus oli korkea myös vuoden 1977, 1980 ja 1995 keskiarvotuloksissa. Vuodesta 1997 lähtien pitoisuus pysyi 6,8-18 µg/l tasolla. Vuodesta 2001 vuoteen 2017 pitoisuuden taso on pääosin laskeva.

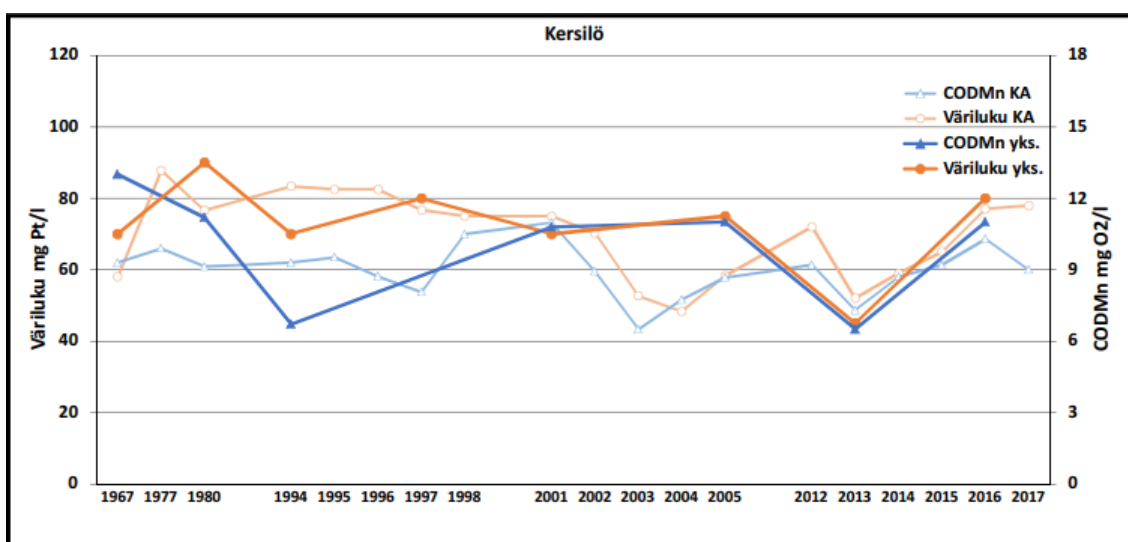


Kuva 53. Kersilön sähkönjohtavuuden ja alkaliniteetin vuosikeskiarvot ja yksittäisien näytteiden pitoisuudet.

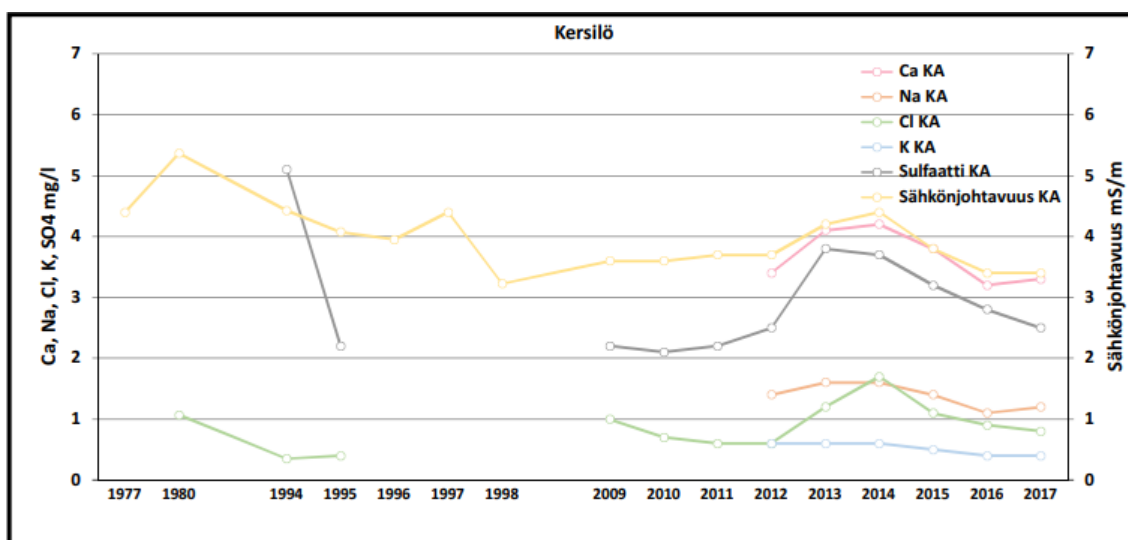


Kuva 54. Kersilön raudan ja mangaanin vuosikeskiarvot ja yksittäisien näytteiden pitoisuudet.

Rautapitoisuus vaihteli 503-2140 µg/l (KA) ja 470-2200 µg/l (yks.). Suurimmat keskiarvojen ja yksittäisten tulosten pitoisuudet olivat vuosien 1980-1996 välillä. Vuodesta 2001 vuoteen 2017 rautapitoisuus vaihteli keskiarvojen välillä 503-695 µg/l ja loppuvuoden yksittäisissä näytteissä välillä 470-740 µg/l. Mangaanipitoisuus vaihteli 24-63,7 µg/l (KA) ja 19-120 µg/l (yks.). Keskimääräinen mangaanipitoisuus oli suurimmillaan vuosina 1980 ja 2002-2003. Kaiken kaikkiaan mangaanin trendi oli tarkastelujaksolla laskeva.



Kuva 55. Kersilön COD<sub>Mn</sub>- ja väriluvun vuosikeskiarvot ja yksittäisien näytteiden pitoisuudet.

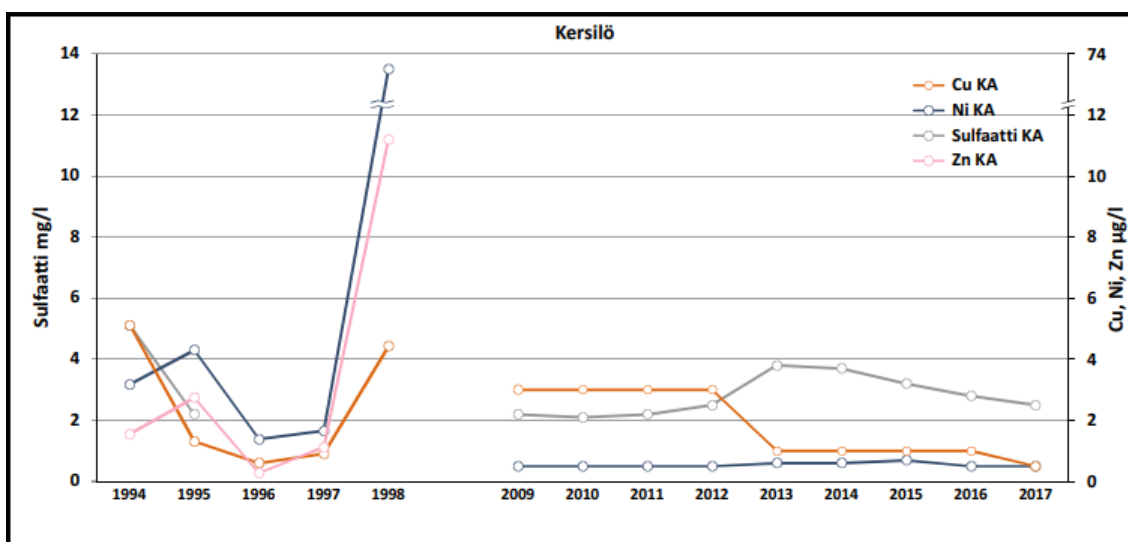


Kuva 56. Kersilön ionien ja sähkönjohtavuuden vuosikeskiarvot.

COD<sub>Mn</sub>-luku vaihteli Kersilön pisteillä välillä 6,5-11 mg O<sub>2</sub>/l (KA) ja 6,5-13 mg O<sub>2</sub>/l (yks.). Väriluku vaihteli välillä 48-88 mg Pt/l (KA) ja 45-90 mg Pt/l (yks.). Humuspitoisuudessa on huomattavissa selvä kasvu vuodesta 2003 vuoteen 2005 samoin, kuin vuodesta 2001 vuoteen 2003 pitoisuuksien kehitys oli laskeva.

Ionipitoisuuksien ja sähkönjohtavuuden vuosikeskiarvot on esitetty kuvassa 56. Ionipitoisuuksia oli harvemmin mitattu vanhemmissa näytteissä. Sulfaattipitoisuus oli vuonna 1994 5,1 µg/l ja vuonna 1995 2,2 µg/l. Vuonna 2013 kalsium-, sulfaatti- ja kloridipitoisuudet sekä sähkönjohtavuus kasvoivat. Ionipitoisuudet ja sähkönjohtavuus laskivat vuodesta 2014 vuoteen 2016, jonka jälkeen natrium- ja kalsiumpitoisuus sekä sähkönjohtavuus kasvoivat vuodesta 2016 vuoteen 2017.





Kuva 57. Kersilön kupari-, nikkeli-, sulfaatti- ja sinkkipitoisuuksien vuosikeskiarvot.

Metallipitoisuuksista nikkeli-, sinkki-, lyijy- ja kuparipitoisuuksia oli mitattu kahdesti vuodessa vuosina 1994-1998. Vuosina 1994-1998 lyijypitoisuuden keskiarvo vaihteli arvojen 0,045-0,285 µg/l välillä ja vuosina 2015-2017 lyijypitoisuus oli alle 0,5 µg/l. Kadmiumpitoisuuden keskiarvot olivat vuosina 2015-2017 alle 0,03 µg/l. Vuosina 2009-2017 näytteistä mitattiin nikkelin ja kuparin pitoisuudet. Metallipitoisuudet ovat esitettyinä kuvassa 56 sulfaattipitoisuuden lisäksi.

Vuonna 1994 kuparipitoisuuden keskiarvo oli 5,1 µg/l, sinkkipitoisuuden 1,55 µg/l ja nikkelpitoisuuden 3,18 µg/l. Vuonna 1995 pitoisuuksista nikkelin ja sinkin pitoisuudet kasvoivat ja sulfaatin ja kuparin pitoisuudet laskivat. Kuparin, nikkelin ja sinkin pitoisuudet laskivat edellisvuoteen verrattuna vuonna 1996 ja kasvoivat hieman vuonna 1997. Vuoden 1998 nikkelpitoisuuden keskiarvo oli 73,5 µg/l, sinkkipitoisuuden 11 µg/l ja kuparipitoisuuden 4,44 µg/l. Kuparipitoisuus oli vuosina 2009-2012 alle 3 µg/l, vuosina 2013-2016 alle 1 µg/l ja vuonna 2017 alle 0,5 µg/l. Nikkelpitoisuus vaihteli arvojen 0,5-0,7 µg/l välillä vuosina 2009-2017.

## 6. TULOSTEN TARKASTELU

Kevitsan kaivoksesta tehtiin avaamispäätös marraskuussa 2009 ja kaivoksen rakentaminen alkoi tien rakentamisella ja maansiirtotöillä kesäkuussa 2010 (ELY 2010). Tuolloin alueella kaadettiin metsää laajimmin. Suurin osa kaivoksen rakennuksista valmistui vuoden 2011 loppuun mennessä (Pöyry 2018). Maanrakentamisesta aiheutunutta maanmuokkausta on tapahtunut eniten metsähakkuiden alkamisesta aina kaivoksen valmistumiseen kesään 2012 asti.

Metsähakkuiden, etenkin avohakkuiden, on Ahtiaisen (1991) tutkimuksessa todettu kasvattavan orgaanisen aineksen huuhtoumaa, ravinnepitoisuuksia ja metallipitoisuuksista ainakin kaliumin ja raudan pitoisuuksia hakkuuvuotta seuraavina vuosina. Kevitsan rakennusvaiheen toiminnan voidaan katsoa vaikuttaneen ainakin vuosien 2010-2013 näytteiden pitoisuuksiin. Ahtiaisen (1991) tutkimuksessa rauta- ja kokonaistyyppipitoisuudet kaksinkertaistuivat hakkuuta seuraavien kolmen vuoden aikana ja fosforipitoisuus 4-5-kertaistui. Orgaanisen aineksen määrä myös kaksinkertaistui hakkuuvuonna. Fosforipitoisuuden ja kaliumin Ahtiainen (1991) huomasi olevan moninkertainen kalibrointijakson pitoisuuksiin verrattuna vielä kolmen vuoden jälkeen hakkuista. Ahtiaisen (1991) tutkimuksessa avohakkuiden alat olivat 286, 30 ja 6 hehtaaria kahden eri valuma-alueen alueilla. Kevitsan kaivoksen pinta-ala on 1420 hehtaaria ja sen alueelta on jouduttu kaatamaan laajasti metsää.

### 6.1. Mataraoja

#### 6.1.1. Pohjoisosa

Mataraojaan vaikuttaa keväisin runsaat lumien sulamisvedet (mm. Ramboll 2015), jotka lisäävät joen kiintoaines- ja humuspitoisuuksia kasvaneen virtaaman vuoksi. Jokialueilla pienentynyt virtaama voi toisaalta myös lisätä tiettyjä pitoisuuksia, kuten ravinteiden määrää, vähentyneen huuhtoutumisen ja laimenemisen johdosta. Kaivoksen tarkkailuraporttien mukaan (mm. Ramboll 2016, 2018) monet metallipitoisuudet ovat riippuvaisia humuspitoisuudesta. Humuksen määrä ja siihen yhteydessä olevien metallien pitoisuudet olivat usein alkuvuodesta korkeammat, kuin loppuvuodesta (Ramboll 2018). Ajoittainen näytteen epäedustava ja muita pitoisuuksia vääristävä humus- ja

kiintoainespitoisuus, kuten vuonna 2008, voi selittyä myös Mataraojan runsaasta vesikasvillisuudesta (mm. Ramboll 2018).

Ravinnepitoisuudet olivat korkeat vuosina 2010 ja 2011. Vuonna 2010 koholla oli kokonaisfosfori ja vuonna 2011 kokonaistyyppi. Kohonneet pitoisuudet voivat selittyä rakennusaikaisesta toiminnasta ja metsähakkuista. Sähkönjohtavuus pisteellä (4,9-13,1 mS/m) on melko tasaista ja voidaan olettaa edustavan Mataraojan pohjoisosan luonnollista sähkönjohtavuuden vaihtelua. Sähkönjohtavuus oli Suomen purovesien yleisellä tasolla 2-22 mS/m (Lahermo et al. 1996). Sähkönjohtavuus pisteellä oli hieman korkeampi verrattuna Kevitsan lähialueen sähkönjohtavuuteen (2,8-10,4 mS/m). Kevitsan lähialueen sähkönjohtavuus on esitetty taulukossa 1 vihreällä. Pitoisuuden kehityksessä on huomattavissa kasvu vuodesta 2011 lähtien vuoteen 2015 saakka. Sähkönjohtavuuden voi päätellä pääosin riippuvan kalsiumpitoisuudesta vuosien 2012-2017 tulosten perusteella. Muut ionipitoisuudet olivat vähäisiä pisteellä.

Rautapitoisuus korreloi mangaanipitoisuuden kanssa varsin hyvin, kuten myös muillakin pisteillä. Vuoden 2008, 2009 ja 2015 näytteiden korkeat rauta- ja mangaanipitoisuudet selittyvät kaivoksen pintavesien tarkkailuraporttien (Ramboll 2012 ja 2016) mukaan veden korkealla humuspitoisuudella, johon rauta ja mangaani ovat sitoutuneena. Vuosina 2015, 2016 ja 2017 nikkelpitoisuus oli korkeampi, kuin aiemmin mitattuina vuosina. Nikkeli on purovesissä sitoutuneena usein humuksen, raudan ja mangaanin kanssa (Lahermo et al. 1996), mikä huomataan näiden ainepitoisuuksien korrelaatioista keskenään. Humuspitoisuudessa on huomattavissa kasvava kehityssuunta vuodesta 2014 lähtien, mikä on osittain yhteydessä nikkelpitoisuuden kanssa. Vuoden 2017 korkea nikkelpitoisuus selittyy kaivoksen tarkkailuraportin (Ramboll 2018) mukaan metsähakkuilla, joita oli tehty Mataraojan pohjoisosissa. Vuonna 2017 kasvaneita pitoisuuksia oli myös sähkönjohtavuudessa, alkaliniteetissa, kalsiumissa, mangaanissa ja raudassa, mikä voi olla myös yhteydessä metsähakkuihin. Nikkelpitoisuudessa on huomattavissa kasvava trendi vuoden 2011 jälkeen, kun kaivoksen tuotanto käynnistyi. Pitoisuudet ovat lähestulkoon Suomen purovesien yleisellä tasolla (0,14-4 µg/l) (Taulukko 1).

### 6.1.2. Keskiosa

Mataraojan keskiosassa havaittiin kohonneita pitoisuuksia monien aineiden suhteen. Sähkönjohtavuus, kloori, sulfaatti, nikkeli ja ravinnepitoisuudet kasvoivat vuonna 2011. Ravinnepitoisuudet palasivat melko nopeasti seuraavina vuosina takaisin vuoden 2010 tasolle, etenkin typen suhteen. Sähkönjohtavuus ja ionipitoisuudet (Ca, Na, Cl, K ja SO<sub>4</sub>) olivat suurimmat vuonna 2013 ja palasivat vuoden 2010 tasolle vuonna 2016. Pitoisuuksien kasvu aiheutuu todennäköisesti useasta tekijästä kuten kaivoksen kesällä 2010 aloitetusta rakentamisesta ja kaivosalueelta peräisin olevista vesistä. Ravinneaineiden kohonneisiin pitoisuuksiin vaikuttavat eniten metsähakkuiden seurauksena alueilta vapautuneiden ravinteiden huuhtoutuminen ja maanmuokkaustöiden aiheuttamasta veden rikastumisesta orgaanisella aineksella, johon ravinneaineita on sitoutuneena. Mataraojan keskiosan näytepisteet sijaitsevat lähellä kaivoksen päätietä, jonka rakentaminen loppuvuoden 2009 ja kesän 2010 välillä, voimistaa mitattuja pitoisuuksia aikajaksolla ja sen jälkeen. Kaivoksen päätien rakentaminen sisälsi myös Vajukosken padon eteläpuolisen sillan, Vajusuvannon sillan, rakentamisen (YLE 2009, ELY 2010).

Pohjois-Suomen aluehallintoviraston raportin (2013) mukaan vuoden 2012 keväällä juuri rakennetun pintavalutuskentän alueelle syntyi huomattavasti lumen sulamisvesiä, jotka kerääntyivät ylitevedenpumppaamon viereiselle suoalueelle. Tältä suoalueelta vedet johdettiin Mataraojaan ja Kitiseen alkuvuoden aikana. Pintavalutuskenttä ei tässä vaiheessa ollut vielä käytössä vaan se otettiin jatkuvaan käyttöön kesästä 2013 lähtien (Pohjois-Suomen aluehallintovirasto 2014a). Sulamisvedet ovat voineet vaikuttaa ainakin lisääntyneisiin virtaamiin Mataraojassa.

Kaivoksen käsiteltyjen vesien Kitiseen juoksutettavaa määrää 150 l/s kasvatettiin 275 l/s vuoden 2013 kesäkuussa (Pohjois-Suomen aluehallintovirasto 2014a). Kaivoksen tarkkailuraportin (Ramboll 2014) tulosten perusteella loppuvuonna 2013 lokakuusta lähtien sulfaatin ja kloridin pitoisuudet sekä sähkönjohtavuus olivat korkeita, mikä vaikutti myös vuoden keskiarvotuloksiin (Kuva 21). Pohjois-Suomen aluehallintoviraston (2014a) raportin mukaan näiden pitoisuuksien kasvu vuoden 2013 lopulla johtuisi pääosin lisääntyneestä vesimäärästä, joka on johdettu pintavalutuskentälle ja siitä aiheutuneesta veden oikovirtauksesta sekä padon läpi suotautumisesta pintavalutuskentältä Mataraojaan. Pintavalutuskenttää käytetään

jätevedenpuhdistuksessa pääosin typen sitomiseen. Samalla pintavalutuskenttä sitoo jonkin verran myös nikkeliä. Mahdollinen oikovirtaus pintavalutuskentältä ei kuitenkaan näytä tulosten perusteella vaikuttaneen merkittävästi typen tai nikkelin keskiarvopitoisuuksiin vuonna 2013. Aluehallinnon raportissa epäillään myös pintavalutuskentän talviaikaisen toiminnan vaikuttaneen lisääntyneiden pitoisuuksien kasvuun (Pohjois-Suomen aluehallintovirasto 2014a).

Vuonna 1990 otetun näytteen sähkönjohtavuus (10.4 mS/m) oli samalla tasolla vuosien 2009, 2014 ja 2017 yksittäisten näytteiden kanssa, mikä viittaa sähkönjohtavuuden perustason olevan 8-11 mS/m. Vuoden 2011 korkea nikkelpitoisuuden poikkeama mahdollisesti johtuu rakennusvaiheen toiminnasta. Rauta- ja mangaanipitoisuuksien (Kuva 19) poikkeuksellisen suuret pitoisuudet tiettyinä vuosina selittyvät todennäköisemmin ajoittaisen humuspitoisuuden vaihtelusta, mikä on vähävetiselle Mataraojalle tyypillistä. Mataraojan pohjois- ja keskiosissa mangaanipitoisuudet ovat korkeimpia tarkkailualueella sekä hyvin korkeita verrattuna Kevitsan lähialueen pitoisuuksiin (Taulukko 1). Vuoden 2015 jälkeen rauta- ja mangaanipitoisuudet sekä COD<sub>Mn</sub>- ja väriluku ja ovat pääosin kasvaneet, mikä voi olla seurausta kasvaneesta tuotannosta ja virtaamasta. Vuoden 2009 korkeat keskiarvopitoisuudet saattavat johtua kaivostien rakentamisen aiheuttamasta kiintoaines- ja humuspitoisuuden kasvusta. COD<sub>Mn</sub>- ja väriluvun keskinäinen riippuvuus pisteellä ei ollut yhtä läheinen kuin muilla tarkkailupisteillä.

Vuonna 2017 pitoisuuksien kasvua oli sähkönjohtavuudessa, alkaliniteetissa, kalsiumissa, mangaanissa, raudassa ja nikkelissä, samoin kuin pohjoisosassa. Väriluku oli myös kasvanut vuonna 2017, mikä viittaisi humuspitoisuuden olevan osittain kasvun taustalla. Humuspitoisuuden lisäksi kasvuun saattavat vaikuttaa kaivoksen pintavalutuskentältä mahdollisesti suotautuvien vesien kuormitus ja pohjoisosassa tehdyt metsähakkuut.

### 6.1.3. Eteläosa

Mataraojan eteläosan sähkönjohtavuuden perustaso on keskipistettä hieman korkeampi (kaikki mittaukset yli 12 mS/m tarkasteluvälillä). Mataraojan eteläosassa sähkönjohtavuus on ollut usein myös korkeampi verrattuna alueen muihin vesistöihin ja korkein yksittäisen näytteen mittaustulos 20,2 mS/m oli mitattu vuonna 1994 ennen

kaivostoimintaa. Vuoden 1994 sähkönjohtavuuteen on voinut vaikuttaa sen aikaiset tutkimusajat, joiden vuoksi hapettumiselle paljastuneesta maa-aineksesta on vapautunut vesistöihin ioneja, jotka ovat osallisena sähkönjohtavuuden kasvuun (mm. Pietilä et al. 2014).

Ioneista sulfaatti näyttäisi vaikuttavan tulosten (Kuva 28) perusteella eniten eteläosan sähkönjohtavuuteen. Sulfaatin pitoisuus on ollut pisteellä aiemmin hyvinkin korkea ja ollut vuosikeskiarvoltaan usein yli 17 mg/l. Sulka-tutkimuksessa (Pietilä et al. 2014) ajateltiin tutkimusajien olevan mahdollinen selittävä tekijä vuoden 1994 sulfaatin (Liite 3) sekä suolapitoisuuden korkeille arvoille. Kaivannot ja muu maaperän paljastuminen esimerkiksi metsänhoidon yhteydessä voivat hyvinkin selittää ajoittaiset korkeat ionipitoisuudet alueella. Vuonna 2009 yhtä korkeita sulfaatin pitoisuuksia (57 mg/l yks., 41 mg/l KA) ei tavata muissa näytepisteissä samana vuonna, joten todennäköisemmin pitoisuuksiin on vaikuttanut paikallinen anomalian lähde. Kokonaisuudessaan eteläosan pisteellä on huomattavissa keskiosan pisteen (TP4/KevS-4) kaltainen ionipitoisuuksien ja sähkönjohtavuuden kehitys tarkasteluvälillä.

Ravinnepitoisuuksissa on huomattavissa (Kuvat 23 ja 24) Mataraojan muiden pisteiden kaltaisesti korkeita keskiarvoja vuoden 2011 tuloksissa. Ravinnepitoisuuksien loppuvuoden yksittäisten näytteiden ja keskiarvotulosten väliset erot selittyvät mahdollisesti loppuvuoden pienentyneiden virtaamien seurauksena kasvaneista pitoisuuksista (mm. Ramboll 2017). Keskiarvopitoisuuksien kehitys vuodesta 2015 vuoteen 2017 on laskeva, kuten se on useimmiten Mataraojan muillakin pisteillä.

Rauta- ja mangaanipitoisuudet ovat eteläosassa pienempiä kuin pohjoisemmissa pisteissä. Suurin muutos vuosien 2010 ja 2011 arvojen välillä johtuu oletettavasti kaivoksen rakennustöistä, minkä jälkeen pitoisuudet laskevat vuoteen 2013. Metallipitoisuuksien korrelaatio  $\text{COD}_{\text{Mn}}$ - ja väriluvun kanssa on hyvin selvä ja pitoisuudet kasvavat vuoden 2013 jälkeen. Metallien ja humuspitoisuuden indikaattorien kasvu, vuodesta 2013 vuoteen 2016, on havaittavissa myös pohjoisemmissa pisteissä Mataraojaa. Kehityksen suunta viittaisi rautaa ja mangaania sisältävän humuksen liuenneen veteen, mikä saattaisi johtua muun muassa lisääntyneen virtaaman aiheuttamasta veden sekoittumisesta.

Humus-, rauta- ja mangaanipitoisuuden pääosin kasvaessa vuodesta 2013 eteenpäin, tuloksissa huomataan sähkönjohtavuuden ja ionipitoisuuksien korreloivan negatiivisesti

niiden kanssa. Lahermon et al. (1996) mukaan sisämaan purovesien sähkönjohtavuuden korrelaatio COD<sub>Mn</sub>-lukuun on jokseenkin negatiivinen (-0,15). Näiden pitoisuuksien negatiivinen korrelaatio ilmenee useassa näytepisteessä tarkastelualueella.

## 6.2. Saiveljärvi

Kaivoksen tarkkailuraportissa (Ramboll 2018) mainittiin humusaineksen vääristäneen vuoden 2017 huhtikuussa otetun näytteen tuloksia. Näytteen humusaineksen epäedustava pitoisuus mahdollisesti vaikutti sähkönjohtavuuden, alkaliniteetin, kiintoaineen, COD<sub>Mn</sub>-luvun, väriluvun ja rauta- ja mangaanipitoisuuksien vuoden keskiarvoihin. Humusaines voi olla ravinnepitoisuuksien ja kaliumpitoisuuden vuoden korkeiden pitoisuuksien taustalla.

Kaivosalueen metsähakkuut ja kaivoksen rakentaminen on mitä luultavimmin aiheuttanut keskiarvotuloksissa nähtävät fosforin, typen, raudan ja mangaanin pitoisuuksien kasvun vuodesta 2008 eteenpäin. Vuoden 2012 jälkeen humusainepitoisuus laskee järvessä ja samalla myös siihen yhteydessä olevat, edellä mainittujen aineiden, pitoisuudet. Humuspitoisuus ja siihen vahvasti liittyvät pitoisuudet kasvavat vuoden 2014 jälkeen. Saiveljärven pitoisuuksissa on nähtävillä suuria vaihteluita myös ennen kaivosprojektia vuosina 1994-1998, mikä viittaisi pitoisuusmuutosten olevan luonnollisista alkuperää ja varsin yleisiä järvessä. Pitoisuuksien vaihteluun matalavetisessä Saiveljärvessä vaikuttavat voimakkaasti useat ilmastoon ja säähän liittyvät tekijät.

Pitoisuudet vaihtelevat suuresti vuodenajasta riippuen, etenkin keväisin, jolloin sulamisvedet ja sateet saattavat vaikuttaa kohonneisiin humuspitoisuuksiin järvissä (mm. Ramboll 2018). Myös runsas aaltotoiminta voi sekoittaa järven vettä ja näin vaikuttaa veden koostumukseen. Kaivosalueen keväinen lumensulanta vaikuttaa myös kohonneisiin pitoisuuksiin kaivosalueen eteläpuolella muun muassa raudan, mangaanin ja nikkelipitoisuuden suhteen. Talviaikainen järvien hapettomuus aiheuttaa lopputalvesta kasvaneita pitoisuuksia humuspitoisuudessa, rauta- ja mangaanipitoisuudessa, kloridipitoisuudessa ja sähkönjohtavuudessa (Ramboll 2013). Ennen kaikkea järven vuosittain vaihteleva vesimäärä vaikuttaa pitoisuuksien konsentraatioon vedessä. Näiden kaikkien muuttujien voimakkuus vaihtelee vuosittain, mikä tekee yksiselitteisen tulkinnan vaikeaksi.

Vuonna 2013 - juuri kaivostoiminnan alettua - sähkönjohtavuus sekä sulfaatti- ja kloridipitoisuus kasvoivat edellisvuoteen verrattuna. Muutos saattaa myös johtua järven veden määrän vaihtelusta (Ramboll 2015). Nikkelipitoisuus on ollut tasaisessa kasvussa vuoden 2012 jälkeen, mikä viittaisi kaivoksen kuormitukseen.

Vuosien 1994 ja 1998 sinkki- ja nikkelpitoisuuksien keskiarvot (Kuva 36) ovat muodostettu SYKE:n tietokannan tutkimustuloksista. Kyseisten vuosien näytteiden pitoisuudet olivat korkeita, etenkin lopputalven näytteissä, joiden liukoisen hapen määrä oli vähäinen. Veden hapettomuus ja korkea rautapitoisuus, johon nikkeli on usein sitoutuneena, voivat selittää kohonneet pitoisuudet. Myös kuparipitoisuudessa oli huomattavissa hieman kohonneita arvoja samoina vuosina. Lahermon et al. (1996) mukaan sinkki, kupari ja nikkeli kulkeutuvat vesissä samalla tavalla ja niiden väliseen riippuvuuteen vaikuttaa voimakkaasti humuspitoisuus. Korkeita pitoisuuksia vuosina 1994-1998 oli myös Kersilön pisteellä (Kuva 57).

### **6.3. Vajukosken allas**

Ravinneainepitoisuuksissa ja raudan määrässä on hieman kasvua vuoden 2009 jälkeen, mutta muissa pitoisuuksissa ei ole huomattavissa kovinkaan suurta kasvua sitä seuraavana vuonna. Pitoisuuksien suurin muutos oli mangaanin vuosikeskiarvojen lasku vuosien 2009-2011 jälkeen. Kaivoksen rakennusvaiheella ei näyttäisi olevan yhtä suurta vaikutusta pitoisuuksiin tällä pisteellä, kuin muilla näytepisteillä. Vuosien pitoisuuksien vähäiseen eroon vaikuttaa patoaltaan syvyys ja suuri koko. Vuodesta 2013 lähtien humuksen, raudan, mangaanin ja alumiinin pitoisuudet ovat kasvaneet. Silloin aloitettiin ylitevesien pumppaus Vajukosken altaaseen. Pumppausmäärät ovat kasvaneet siitä lähtien vuosittain, mikä voi olla pitoisuuksien kasvun taustalla. Mangaanipitoisuuksissa kasvu ei ole ollut yhtä voimakasta kuin raudan osalta.

Sähkönjohtavuus ja ionipitoisuudet ovat tasaisia pisteellä. Pieni poikkeama sulfaatin ja kloridin pitoisuuksissa vuosina 2013-2015 on samankaltainen kuin Saiveljärvessä, Mataraojan alapuolisella pisteellä ja Kersilön pitoisuuksissa: Pitoisuudet nousevat vuonna 2013 ja laskevat vuoteen 2016 mennessä entiselle tasolle. Samojen vuosien osalta Mataraojan pohjoisosassa on huomattavissa pitoisuusvaihtelua kalsiumpitoisuudessa, kuten myös Mataraojan alapuolisella pisteellä ja Kersilön pisteellä.



Vajukosken altaan vuosien 1984-1987 näytteiden keskiarvopitoisuudet antavat kuvan patoaltaan veden taustapitoisuuksista ennen kaivostoiminnan aloittamista. Koko tarkasteluvälillä korkeita arvoja esiintyi vuosina 1984-1987 ainakin kokonaisfosforin, raudan, mangaanin ja väriluvun pitoisuuksissa. 80-luvun keskiarvoihin on mahdollisesti vaikuttanut vielä Vajukosken voimalaitoksen rakennustyöt, jotka päättyivät vuonna 1984.

Lisääntynyt ylitevedenpumppaus ja kaivostoiminnan tuotannon kasvu on mahdollisesti vuoden 2017 kohonneiden pitoisuuksien taustalla. Vuonna 2017 pitoisuuksien kasvua on muun muassa sähkönjohtavuudessa sekä typpi-, rauta-, mangaani-, alumiini- ja ionipitoisuuksissa. Ionipitoisuudet koko tarkasteluvälillä ovat kuitenkin alhaisia ja Suomen purovesien yleisellä tasolla.

#### **6.4. Mataraojan alapuolinen piste**

Mataraojan suun alapuolisen pisteen mittaustuloksissa huomataan samoja muutoksia mitä Vajukosken patoaltaan pisteilläkin. Tällä pisteellä aineiden pitoisuuksiin vaikuttavat myös Mataraojasta tulevat vedet, jotka kohottavat huomattavimmin ionipitoisuuksia ja sähkönjohtavuutta Vajukosken altaan pitoisuuksiin verrattaessa. Vuoden 2009 lopussa valmistuneiden Vajusuvannon sillan rakennustöiden vaikutukset näyttäisivät olevan pieniä.

Ravinnepitoisuudet eri vuosina ovat lähellä Vajukosken pitoisuuksia. Suurin ero on vuoden 2011 typpipitoisuudessa, josta voidaan huomata Mataraojasta virtaavan veden vaikutus. Rauta- ja mangaanipitoisuudet ovat hieman korkeampia tällä pisteellä kuin Vajukosken altaalla, etenkin vuonna 2011. Mataraojan eteläisellä pisteellä mangaanipitoisuudet ovat useana vuonna moninkertaisia verrattuna Kitisen joen pitoisuuksiin, mutta pienen joen vaikutus Kitisen veteen on vähäistä.

Humuspitoisuus laskee vuodesta 2012 vuoteen 2013 ja on pääosin kasvussa vuodesta 2013 lähtien, samoin kuin Vajukosken patoaltaassa ja Mataraojan eteläosassa. Kasvu johtuu mahdollisesti ylitevesien pumppaamisen aloittamisesta ja kasvaneesta purkuvesien määrästä Kitisessä. Väriluku on Kitisen pisteissä ja Mataraojassa melkein samaa luokkaa, mutta kemiallinen hapenkulutus on hieman korkeampi Kitisessä. Vajukosken altaan ja Mataraojan alapuolisen pisteen loppuvuoden yksittäisien näytteiden

pitoisuudet ovat paremmin yhteydessä vuosien keskiarvoihin, kuin Mataraojan eteläisessä osassa, mikä kertoo Mataraojan veden vuodenaikaisvaihtelusta.

Ionipitoisuudet ja sähkönjohtavuus ovat hieman Vajukosken altaan tasoa korkeampia ja niissä on huomattavissa samankaltaista vaihtelua, joskin suuremmin pitoisuuseroin. Sulfaatti- ja kalsiumpitoisuudessa on huomattavissa Mataraojan voimistava vaikutus vuodesta 2011 vuoteen 2016. Raskasmetallipitoisuudet (Cd, Cr, Cu ja Pb) ovat olleet hyvin vähäisiä tai alle määrittäysrajojen. Alumiinipitoisuus on kasvanut vuodesta 2013 lähtien ja on myös hieman korkeampi, kuin Vajukosken altaassa.

### 6.5. Kersilö

Kersilön pisteellä valittujen yksittäisien näytteiden näytteenottoajat vaihtelevat elokuun alun ja lokakuun puolivälin tienoilla. Pisteen harvan näytetiheyden vuoksi valintaa ei voitu tehdä samalta kuukaudelta. Näytepisteet sijaitsevat vuosina 1993-1995 rakennetun Matarakosken voimalan eteläpuolella. Vuosien 1967-1998 ja vuosien 2001-2017 tuloksien eroihin voivat vaikuttaa näytepisteiden välinen etäisyys ja paikka joessa. Näytteenottopisteet ovat noin 600 metrin etäisyydellä toisistaan. Piste Kell/KevS-13/P15 on suojaisemmassa paikassa joessa, jossa vesi ei virtaa yhtä voimakkaasti ja pääsee sekoittumaan niin, kuin pisteessä Kersilö 109.

COD<sub>Mn</sub>- ja väriluvun perusteella humuspitoisuus on pysynyt melko tasaisena koko tarkasteluvälillä. Vuodesta 2013 vuoteen 2016 nähtävissä oleva pitoisuuksien kasvu ajoittuu kaivostoiminnan alkamisen aikoihin. Vuosien 1977-1996 fosfori- ja rautapitoisuudet ovat olleet korkeita etenkin vuonna 1994. Korkeat pitoisuudet voivat selittyä näytteenottopaikan olosuhteilla, Kitisen virtaaman muutoksilla sekä Matarakosken voimalan rakennustöistä. Hertta-tietokannassa oli merkintä veden olleen sameaa vuoden 1994 kesäkuussa. Näytteessä oli Hertta-tietokannan mukaan myös epävarmuutta väriluvun suhteen. Vuoden 1994 kesäkuun näytteessä kupari- ja nikkelpitoisuus oli myös korkea. Tuloksia vuodelta 1994 ei voida pitää täysin luotettavina kuvaamaan veden koostumusta. Vuoden 1995 korkean nikkelpitoisuuden taustalla voi olla Matarakosken voimalan rakentaminen.

Pitoisuuksien vuosittaiset erot ovat olleet tasaisia vuodesta 2001 eteenpäin, mistä lähtien tulokset kuvaavat melko hyvin veden kemiallisen koostumuksen luonnollista vaihtelua

Kitisessä. Vuosien 2009-2017 keskiarvojen pitoisuusvaihtelu on usein vähäisempää verrattuna aiempien vuosien pitoisuuksien vaihteluun. Pitoisuuksien eroja selittää vuoden aikana otettujen näytteiden lukumäärä, josta vuosikeskiarvo muodostettiin. Vuosina 1967-2005 näytteitä otettiin noin 2-5 kappaletta vuodessa ja vuodesta 2009 vuoteen 2017 näytetiheys on ollut useimmiten kerran kuukaudessa tai useammin. Vuoden 2005 ja sitä vanhempien tulosten harvempi näytetiheys selittää myös ajoittaisen keskiarvojen ja yksittäisien näytteiden pitoisuserot muun muassa sähkönsäilytyksessä, alkaliniteetissä ja mangaanipitoisuudessa.

Vuonna 1998 nikkeli-, sinkki- ja kuparipitoisuudet olivat hyvin korkeat, kuten todettiin myös Saiveljärven tuloksissa nikkelin ja sinkin pitoisuuksissa. Vuoden 1998 lopputalven näytteessä ainoastaan nikkelipitoisuus oli huomattavan korkea. Saman vuoden kesäkuun näytteessä nikkeli-, sinkki- ja kuparipitoisuudet olivat kaikki normaalia korkeampia. Raskasmetallipitoisuuksien ohella näytteiden rautapitoisuudessa tai väriluvussa ei ollut muutosta. Herta-aineistossa ei ollut merkintää poikkeuksellisista olosuhteista, mutta näytteiden luotettavuus on silti kyseenalainen erityisesti nikkelipitoisuuden korrelaation muihin aineisiin puuttuessa.

## 6.6. Tulosten luotettavuus

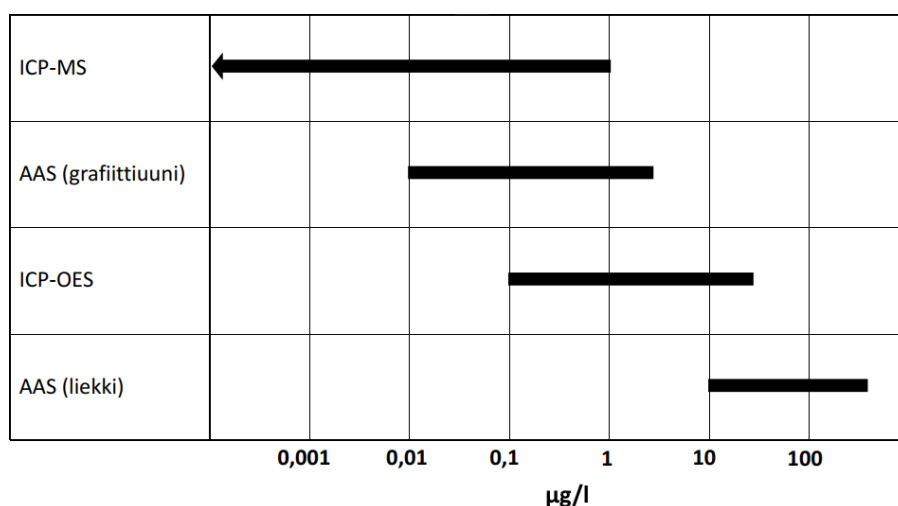
Alueen suurimpien rakennushankkeiden, jotka ovat voineet vaikuttaa vesistöjen pitoisuuksiin, ajankohdat ovat tiedossa. Kuitenkaan kaikkien tapahtumien kuten metsähakkuiden ja tutkimus- ja metsätyösuojitusten ajankohtaa, sijaintia tai laajuutta ei tiedetä. Edellä mainittujen muuttujien vaikutus ja yhteys pitoisuuksiin jää arvailun varaan, mikä vaikuttaa tulosten luotettavuuteen arvioidessa pelkän kaivostoiminnan kuormitusta.

Mataraojan eteläosan vuoden 2012 GTK:n Sulka-hankkeen mittaustulosten ja kaivoksen tarkkailuohjelman saman vuoden tulosten välisen fosforipitoisuuden erolle (Liite 3) ei ole selvää selitystä. Ero saattaisi selittyä hankkeiden mittaus- ja määrittämiseroista sekä näytteenoton olosuhteista. Eri tarkkailuaineistoissa näytteenottoa on välillä vaikeuttanut veden sameus, kiintoainepitoisuus, veden mataluus ja talvella jään paksuus. Huomionarvoisena voidaan kuitenkin pitää sitä havaintoa, kuinka merkittävästi mittaustulokset saattavat vaihdella tämän kaltaisissa vesistöissä lyhyessä ajassa ja että eron taustalla voivat olla lukuisat muuttujat.

Vesistöjen suuret ajoittaiset pitoisuuksien vaihtelut aiheuttavat virhettä vuosittaisiin keskiarvoihin. Vuosittaisien mediaanien muodostaminen kaikista tuloksista olisi pienentänyt ääriarvojen vaikuttavuutta, mutta ei tehty mahdollisuuden puuttuessa ja rajallisen ajan vuoksi. Vuosikeskiarvot voivat erota suuresti yksittäisien näytteiden tuloksista, etenkin silloin, kun pisteellä on tavanomaisesti suuria pitoisuusvaihteluja esimerkiksi vuodenajasta riippuen. Vuosikeskiarvon ja yksittäisen näytteen eroon vaikuttaa myös vuoden aikana otettujen näytteiden määrä, josta vuosikeskiarvo on määritetty. Koko vuoden tulosten keskiarvon luotettavuuteen tällä tavoin oli vaikuttanut Saiveljärven vuoden 2017 yksi epäedustava näyte, vuoden aikana otettujen neljän näytteen joukosta. Viime vuosikymmeneltä suuressa osaa pisteistä on otettu näytteitä tiheämmin kuin yli kymmenen vuotta sitten.

## 6.7. Virhelähteet

Tulokset on koottu useasta eri lähteestä ja kokoamisessa ja käsittelyssä on saattanut tapahtua virheitä. Tulosten analyysit ovat määritetty eri laitteistoilla ja menetelmillä aineistosta riippuen, mikä vaikuttaa tulosten tarkkuuksiin ja määrittämisrajoihin (Kuva 58). Vuoden 2011 ja sitä vanhemmissa mittaustuloksissa on usein metallien määrittämisessä käytetty atomiabsorptiospektrometriä (AAS) ja uudemmissa massaspektrometriä (ICP-MS). Massaspektrometri mittaa pienempiä pitoisuuksia kuin absorptiospektrometrit.



Kuva 58. Analyysimenetelmien määrittämisrajoja. (Thermo Elemental 2001 ja PerkinElmer 2018)

Tässä opinnäytetyössä tarkasteltujen aineistojen analyysimenetelmissä, tutkimuksissa ja näytteiden oton ajankohdissa on vaihtelua, mikä voi vaikuttaa aineistojen vertailukelpoisuuteen. Mittaustuloksiin vaikuttavat myös laboratorioiden vaihtelevat käytänteet, tutkimuksien tekijät ja laitteet. Aineistojen välillä voi tällöin olla eroavaisuuksia, mikä on tässä työssä otettu huomioon mittaustuloksien valitsemisessa ja tulkinnassa. Vertailuaineistojen valinnassa on pyritty valitsemaan samaan aikaan vuodesta otettujen näytteiden mittaustuloksia vähentämään virhelähteitä.

## 7. JOHTOPÄÄTÖKSET

Kevitsan kaivostoiminnan huomataan vaikuttaneen alueen vesistöjen koostumukseen. Erityisesti sulfaatin ja muiden ionipitoisuuksien kohonneita arvoja oli mitattu kaivoksen toiminnan käynnistyessä ja sen aikana kaivoksen lähiympäristössä, etenkin Mataraojassa. Mataraoja on keskeisellä paikalla kaivoksen vaikutuksille. Joen pohjoisosassa on kaivoksen suoran vaikutuksen ulkopuolella ja luonnehtii pääosin Mataraojan veden normaalia häiritsemätöntä koostumusta. Joen keskiosissa pitoisuuksissa oli kaivoksen perustamisvuosina suuriakin vaihteluita, jotka kuitenkin tasaantuivat lähes vesistön perustasolle muutamien vuosien jälkeen. Mataraojan keskipisteellä kaivostoiminnan kuormitus havaittiin ensimmäisenä ja voimakkaimpana. Myös Mataraojan eteläosassa ja Mataraojan alapuolisella pisteellä pitoisuuden vaihtelut näkyivät tarkastelupisteistä kaikkein selvimmin.

Vajukosken altaan vedessä huomattiin vähäistä pitoisuuksien kasvua kaivostoiminnan alettua. Kaivoksen tuotannon käynnistyttyä rauta-, mangaani-, sulfaatti-, kloridi- ja humuspitoisuuksien kehityksessä oli kasvua, joka toistui samankaltaisena Kitisen joen muillakin pisteillä. Mataraojasta Kitiseen virtaavien vesien voimistivat osaa pitoisuuksista verrattuna Vajukosken veden kemialliseen koostumukseen. Erityisesti sulfaatin, kalsiumin, kloridin ja typen pitoisuuksissa ja sähkönjohtavuudessa oli havaittavissa kasvua. Mataraojan alapuolisella pisteellä mitatut pitoisuudet eivät muuttuneet Kitisen eteläisimmällä pisteellä, Kersilön kohdalla.

Kaivoksen eteläpuolella olevassa matalassa ja runsashumuksisessa Saiveljärvässä havaittiin rauta-, mangaani-, sulfaatti-, kloridi- ja humuspitoisuuksien sekä sähkönjohtavuuden kasvua samankaltaisesti, kuten Kitisen pisteissä ja Mataraojan keski- ja eteläosissa. Nikkelipitoisuudessa oli tapahtunut vuosittaista kasvua kuten Mataraojan pohjoisosassakin. Saiveljärven valuma-alueeseen kuuluu osittain kaivoksen rikastushiekka-altaan eteläosa. Valuma-alue erottuu Mataraojasta, jonka ei pitäisi vaikuttaa Saiveljärven kuormitukseen, mikä viittaa kuormituksen tulevan suoraan kaivosalueelta valuntana tai laskeumana. Fosfori- ja typpipitoisuus on järvessä luonnollisesti korkea ja vaihtelu suurta. Saiveljärvi on kuitenkin heikko näytepiste esittämään kaivoksen kuormitusta, koska pitoisuudet voivat muuttua järvessä radikaalisti sääolosuhteiden vaikutuksesta.

Kaivoksen alkutaipaleen aikana huomattiin oletettavasti metsähakkuista ja maanrakentamisesta aiheutuneita pitoisuuksien kasvua niitä seuraavina vuosina. Usealla pisteellä ravinnepitoisuudet kasvoivat vuosien 2008-2009 jälkeen. Vuosina 2010-2011 oli huomattavissa selvä huipentuma Mataraojan pisteillä ja Kitisessä: Mataraojan suun alapuolisella pisteellä ja Kersilössä. Vajukosken altaassa pitoisuuksissa ei ollut selvää muutosta. Näinä vuosina myös Saiveljärvessä fosfori- ja typpipitoisuudet olivat korkeita ja kasvua oli etenkin fosforin suhteen. Johtuen järven taustapitoisuudesta ero ei ollut yhtä selvä kuin muilla pisteillä. Vuosien 2011-2012 jälkeen ravinnepitoisuudet olivat suurimmassa osassa pisteitä laskussa. Typpi- ja fosforipitoisuus korreloi pisteillä raudan, mangaanin ja humuspitoisuuden indikaattorien kanssa.

Lahermon et al. (1996) mukaan sisämaan purovesien sähkönjohtavuutta säätelee  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^-$ , Ca-, Mg-, Na- ja K- pitoisuudet. Kevitsan alueella sähkönjohtavuuteen vaikuttaa pääasiassa sulfaatti- ja kalsiumpitoisuudet (Liite 9). Sulfaattipitoisuus vaikuttaa voimakkaammin sähkönjohtavuuteen, kun sitä on näytteessä huomattavia määriä. Kun sulfaattipitoisuus ei ollut huomattavan korkea, kuten Mataraojan pohjoisosan näytteessä, sähkönjohtavuutta sääteli pääosin kalsiumpitoisuus (Kuva 14). Kuvassa 28 vuosien 2016 ja 2017 tuloksien perusteella sulfaatti vaikuttaa voimakkaammin sähkönjohtavuuden määräytymiseen kuin kalsium.

Mataraojassa ionipitoisuudet ja sähkönjohtavuus olivat tarkastelualueen korkeimpia. Kaikissa näytepisteissä sulfaatti oli merkittävässä asemassa sähkönjohtavuuden määrääjänä, paitsi Mataraojan pohjoisosassa, jossa sulfaattipitoisuuden vuosikeskiarvo oli koko tarkasteluajalla alle  $2 \mu\text{g/l}$ . Ionipitoisuuksissa ja sähkönjohtavuudessa oli havaittavissa kasvun huipentuma kaikissa näytepisteissä vuonna 2013. Kaivostoiminnan tuotannon käynnistymisen jälkeen, ionipitoisuuksien ja sähkönjohtavuuden kehitys kääntyi laskevaksi useimmiten vuodesta 2013 vuoteen 2016.

Vesistöjen nikkelpitoisuuksien muutokset ajoittuivat kaivoksen rakentamisen ja tuotannon alkuun. Saiveljärvessä ja Mataraojan pohjois- ja keskipisteillä nikkelpitoisuuden muutokset olivat huomattavissa selvimmin. Pitoisuuksissa oli kasvaneita arvoja vuosien 2011-2013 jälkeen. Nikkelpitoisuuden huomattiin olevan yhteydessä humuksen, raudan ja mangaanin määrään. Nikkelpitoisuudessa huomattavat kohonneet arvot olivat usein kuitenkin yleisellä tasolla matalia. Poikkeuksena Saiveljärven vuoden 1994 ja 1998 tulokset ja Kersilön vuoden 1998 tulokset.

Vähävetisissä vesistöissä, kuten Mataraoja ja Saiveljärvi, on huomioitava näytteenoton vaativuus, etenkin humuksen osalta. Vesien koostumus voi hetkellisesti tai kausittain muuttua, mikä johtaa eroaviin tuloksiin riippuen näytteenottoajasta ja vuodenaajasta. Saiveljärven vuosien 1994 ja 1998 huomattavan korkeiden nikkeli- ja sinkkipitoisuuksien taustalla voi olla juurikin tämä syy. Kersilön vuoden 1998 tulosten luotettavuudesta ei ollut varmaa tietoa. 90-luvun näytteiden tulosten perusteella voidaan kuitenkin todeta nikkeli-, kupari- ja sinkkipitoisuuden olleen korkeita kaivostoiminnasta riippumatta.

Kersilön ja Saiveljärven vanhempia tuloksia vertailemalla huomataan pitoisuuksien, kuten raudan, mangaanin, sulfaatin ja ravinneaineiden, vaihdelleen ajoittain paljonkin. Voimakkuudeltaan samankaltaisia muutoksia pitoisuuksissa, kuin vuosina 2009-2017, huomataan olleen aiemminkin Kevitsan alueella. Pitoisuusvaihteluihin vaikuttaa kaivostoiminnan lisäksi muun muassa alueen maa- ja kallioperän luonne ja ilmastotekijät, kuten sadannan ja sulamisen vaihtelut. Haastavaksi pitoisuuksien aiheuttajan yksiselitteisen määrittämisen tekee monien tekijöiden yhteisvaikutus.



## 8. YHTEENVETO

Tästä tutkimuksesta voidaan tehdä seuraavat johtopäätökset:

- 1) Kokonaistyyppi- ja fosforipitoisuuksien korkeat arvot vuonna 2011 ovat mahdollisesti alueen laajojen metsähakkuiden seurausta.
- 2) Mataraojassa ionipitoisuudet ja sähkönjohtavuus ovat alueen vesistöistä suurimpia. Mataraojassa kaivoksen kuormitus näkyy vesistöistä herkimmin ja voimakkaimpana. Vajukosken ja Mataraojan pohjoisosan vesien pitoisuuksiin kaivoksen toiminnalla on alueen vesistöistä vähäisimmät vaikutukset.
- 3) Mataraojasta virtaavat vedet kasvattavat Kitisen veden ionipitoisuuksia ja sähkönjohtavuutta. Mataraojasta virtaava vesi kohottaa myös Kitisen mangaani- ja typpipitoisuutta.
- 4) Kaivoksen tuotannon aikana nikkelipitoisuudessa on kasvua Mataraojan keski- ja pohjoisosissa ja Saiveljärvessä. Ennen kaivoksen perustamista korkeita nikkelipitoisuuksia on kuitenkin mitattu Saiveljärvessä ja Kersilössä.
- 5) Useimmilla tarkastelualueen pisteillä humus-, rauta- ja mangaanipitoisuus on ollut pääosin kasvussa kaivoksen tuotannon käynnistymisen jälkeen vuodesta 2013 lähtien. Samaan aikaan ionipitoisuudet ja sähkönjohtavuus on kääntynyt laskuun.
- 6) Vesistöjen pitoisuuksiin vaikuttavat alueen maa- ja kallioperän luonne sekä vesistön koko, syvyys ja veden virtaavuus. Myös vuodenajalla, vesikasvillisuudella ja ilmastotekijöillä, kuten sadannalla, tuulella ja veden jäätymisellä, on ajoittain vaikutus pitoisuuksiin.
- 7) Kevitsan alueella maa- ja kallioperän paljastuminen rakennustöiden, metsätalouden ja ojitusten seurauksena vaikuttaa ionipitoisuuksiin ja sähkönjohtavuuteen.

## LÄHTEET

- Ahtiainen M. 1991. Avohakkuun ja metsäojituksen vaikutukset purovesien laatuun. Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja 45. Sarja A.
- Boliden, 2017, Annual reports, <https://www.boliden.com/investor-relations/reports-and-presentations/annual-reports>, sivulla vierailtu 28.11.2018.
- ELY 2010, Kevitsan kaivoksen laajennusta koskeva ympäristövaikutusten arviointimenettely. YVA-kuulutus, LAPELY/65/07.04/2010, Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus.
- Finlex 2011, kaivoslaki <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2011/20110621>, sivulla vierailtu 14.12.2018.
- Finlex 2014, Ympäristönsuojelulaki, <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2014/20140527>, sivulla vierailtu 16.1.2019.
- Finlex 2017, Yva-laki <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20170252>, sivulla vierailtu 14.12.2018.
- GTK 2018, [http://en.gtk.fi/information-services/mineral-production/minfinl\\_17.html](http://en.gtk.fi/information-services/mineral-production/minfinl_17.html).
- GTK Hakku-palvelu, <https://hakku.gtk.fi/fi/locations/search>.
- Hanski, E. ja Huhma, H. 2005. Central Lapland greenstone belt. Teoksessa: Lehtinen, M., Nurmi, P.A., Rämö, O.T. (toim.) Precambrian Geology of Finland - Key to the Evolution of the Fennoscandian Shield. Amsterdam, Elsevier Science B.V, s. 139-193.
- Hatakka T. (toim.), Nykänen V. (toim.), Pietilä R. (toim.), Karjalainen S. M. (toim.), 2019. Lapin kaivoskeskittymän kumulatiivisten ympäristövaikutusten arviointi ja hallinta Lapin Kaiku -projektin loppuraportti, Geologian tutkimuskeskus, Suomen ympäristökeskus.
- Heikkinen, P. M. ja Noras, P. 2005. Kaivoksen sulkemisen käsikirja, Ympäristötekniikka, Vammalan kirjapaino Oy 2005, 165 s.
- Hirvas H., Saarnisto M., Hakala P., Huhta P., Johansson P., Pulkkinen E. 1994. Maaperän kerrosjärjestys ja Geokemia Keivitsassa. Geologian tutkimuskeskus, maaperäosasto. Raportti. 44 s.
- Ilmatieteenlaitos, ilmastohavaintoja, <https://ilmatieteenlaitos.fi/havaintojen-lataus#!/>.
- Jantunen, J. ja Kauppila, T. 2015. Ympäristövaikutusten arviointimenettely kaivoshankkeissa, TEM-opaat ja muut julkaisut 3/2015, Työ ja elinkeinoministeriö, 96 s.
- Jermakka J., Wendling L., Sohlberg E., Heinonen H., Laine-Ylijoki J., Merta E., Kaartinen T., Mroueh U.-M. 2015. Nitrogen compounds at mines and quarries. Sources, behaviour and removal from mine and quarry waters – Literature study. VTT technical research centre of Finland Ltd. VTT technology 226. Espoo.
- Lahermo, P., Väänänen, T., Tarvainen, T. & Salminen, R. 1996. Suomen geokemian atlas, osa 3: Ympäristögeokemia – purovedet ja sedimentit. The Geochemical Atlas of Finland, Part 3: Environmental Geochemistry – Stream Waters and Sediments. Geological Survey of Finland. 149 s.
- Lapin Liitto 2005, Pohjois-Lapin maisemaselvitys.

- Lottermoser B. G. 2007. Mine Wastes, Characterization, Treatment, Environmental Impacts. 2nd ed. Springer. 304 s.
- Maanmittauslaitos maastotietokanta, <https://www.maanmittauslaitos.fi/asioi-verkossa/avoimien-aineistojen-tiedostopalvelu>.
- Manninen, T., Hyvönen, E., Johansson, P., Kontio, M., Päänttjä, M. & Väisänen, U. 1996. Keivitsan alueen geologia. Geologian tutkimuskeskus, Pohjois-Suomen aluetoimisto. Arkistoraportti K/21.42/96/1. 28 s. + 5 liitettä.
- Mutanen, T. 1993. Väli­raportti Kevitsan alueen malmitutkimuksista. Geologian tutkimuskeskus. M19/3714/-93/1/10, 9 s.
- Mutanen, T. 1997. Geology and ore petrology of the Akanvaara and Koitelainen mafic layered intrusions and the Keivitsa-Satovaa layered complex, northern Finland. Geological Survey of Finland, Bulletin 395, 233 s.
- Mutanen, T. ja Huhma, H. 2001. U-Pd geochronology of the Koitelainen, Akanvaara and keivitsa mafic layered intrusions and related rocks. Teoksessa: Vaasjoki, M. (ed.) Radiometric age determinations from Finnish Lapland and their bearing on the timing of Precambrian volcano-sedimentary sequences. Geological Survey of Finland, Special Paper 33, 229-264 s.
- PerkinElmer. 2018. Atomic Spectroscopy. A Guide to Selecting the Appropriate Technique and System.
- Pietilä R., Eloranta T., Räisänen M-L., Tornivaara A., Törmänen T., Väisänen U., 2014. Rik­kiyhdisteiden vaikutusten arviointi - Sulka-hankkeen loppuraportti. Geologian tutkimuskeskus. 77 s. + 2 liitettä.
- Pirinen P., Simola H., Aalto J., Kaukoranta J-P., Karlsson P., Ruuhela R., 2012. Tilastoja Suomen ilmastosta 1981-2010.
- Pohjois-Suomen aluehallintovirasto, 2013. Lupapäätös Nro. 60/2013/1. Kevitsan kaivoksen käsiteltyjen ylitevesien johtaminen Vajukosken altaaseen sekä toiminnanaloittamislupa, Sodankylä. Annettu julkipanon jälkeen 24.6.2013.
- Pohjois-Suomen aluehallintovirasto, 2014a. Lupapäätös Nro 53/2014/1. Kevitsan kaivoksen käsiteltyjen ylitevesien johtaminen Vajukosken altaaseen vuonna 2014 ja toiminnanaloittamislupa, Sodankylä. Annettu julkipanon jälkeen 27.5.2014.
- Pohjois-Suomen aluehallintovirasto, 2014b. Lupapäätös Nro 79/2014/1. Kevitsan kaivoksen tuotannon laajentamisen ympäristö- ja vesitalouslupa sekä töiden ja toiminnan aloittamislupa, Sodankylä. Annettu julkipanon jälkeen 11.7.2014.
- Pohjois-Suomen aluehallintovirasto, 2017. Kevitsan kaivoksen tuotannon laajentamisen ympäristö- ja vesitalousluvan nro 79/2014/1 lupamääräyksen 22 mukainen selvitys ja toiminnan aloittamislupa, Sodankylä.
- Pöyry 2011, Kevitsan kaivoksen laajennus. Ympäristövaikutusten arviointiselostus. 347 s.
- Pöyry 2018, BOLIDEN KEVITSA MINING OY Kaivannaisjätteen jätehuoltosuunnitelman päivitys 5.12.2018.
- Ramboll Finland Oy. 2018, Boliden Kevitsa Mining Oy, Kevitsan kaivoksen pintavesien tarkkailu vuonna 2017.

- Ramboll Finland Oy. 2013. FQM Kevitsa Mining Oy. Kevitsan kaivoksen pintavesien tarkkailu vuonna 2012.
- Ramboll Finland Oy. 2014. FQM Kevitsa Mining Oy. Kevitsan kaivoksen pintavesien tarkkailu vuonna 2013.
- Ramboll Finland Oy. 2015. Boliden Kevitsa mining Oy. Kevitsan kaivoksen tuotantovaiheen tarkkailuohjelma. 20.6.2017 päivitys.
- Ramboll Finland Oy. 2015. FQM Kevitsa Mining Oy. Kevitsan kaivoksen pintavesien tarkkailu vuonna 2014.
- Ramboll Finland Oy. 2016. FQM Kevitsa Mining Oy. Kevitsan kaivoksen pintavesien tarkkailu vuonna 2015.
- Ramboll Finland Oy. 2017. Boliden Kevitsa Mining Oy. Kevitsan kaivoksen pintavesien tarkkailu vuonna 2016.
- Rydin H. & Jeglum J., 2006. The Biology of Peatlands. Oxford, Oxford university press, ISBN 978-0-19-852871-5. 343 s.
- Räsänen, J. & Huhma, H. 2001. U-Pb datings in the Sodankylä schist area, central Finnish Lapland. Teoksessa: Vaasjoke, M. (ed.) Radiometric age determinations from Finnish Lapland and their bearing on the timing of Precambrian volcano-sedimentary sequences. Geological Survey of Finland, Special Paper 33, 153-188 s.
- Räsänen, J. 2008. Keski-Lapin liuskevyöhykkeen geologinen kehitys Sodankylän liuskealueella. Geologian tutkimuskeskus, Raportti K21.42/2008/25, 22 s.
- Salonen S., Frisk T., Kärmeniemi T., Niemi J., Pitkänen H., Silvo K., Vuoristo H., 1992. Fosfori ja typpi vesien rehevöittäjinä – vaikutusten arviointi. Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja 96. Sarja A.
- Santaguida, F., Luolavirta, K., Lappalainen, M., Ylinen, J., Voipio, T. ja Jones, S. 2015. The Kevitsa Ni-Cu-PGE Deposit in the Lapland Greenstone Belt in Finland. Teoksessa: Maier, W., Lahtinen, R., ja O'Brien, H. (toim.) Mineral Deposits of Finland. Amsterdam, Elsevier Science B.V., 195-210 s.
- SFS 3036, Suomen standardisoimisliitto 1981, Veden kemiallisen hapen kulutuksen ( $\text{COD}_{\text{Mn}}$ -arvon tai  $\text{KMnO}_4$ -luvun) määrittäminen hapetus permanganaatilla.
- Suomen ympäristökeskus 2013, Kaivosten ympäristövaikutuksia tutkitaan, [http://www.syke.fi/fiFI/Julkaisut/Ymparistolehti/2013/Kaivosten\\_ymparistovaikutuksia\\_tutkitaan\(28192\)](http://www.syke.fi/fiFI/Julkaisut/Ymparistolehti/2013/Kaivosten_ymparistovaikutuksia_tutkitaan(28192)), sivulla vierailtu 16.1.2019.
- SYKE avoin tieto, <http://www.syke.fi/avointieto>.
- Thermo Elemental 2001. AAS, GFAAS, ICP or ICP-MS? Which technique should I use? An elementary overview of elemental analysis. Thermo Elemental S002B Rev 02/01, 11 s.
- Toropainen V. 2006. Yhteenveto sulfidimalmikaivostoiminnasta Suomessa ja toiminnassa muodostuvista sivutuotteista sekä niiden ympäristövaikutuksista. Geologian tutkimuskeskus, *Geokemia*, arkistoraportti, 52 s.
- Tukes 2018, Kaivostoiminta, <https://tukes.fi/teollisuus/kaivostoiminta>, sivulla vierailtu 14.12.2018.

- Wartiovaara J., 1978. Phosphorous and organic matter discharged by Finnish rivers to the Baltic Sea. Vesientutkimuslaitoksen Julkaisu 29. 42 s.
- Väisänen, U. & Lanne E. 2005. Kevitsan hydrogeologinen selvitys. Geologian tutkimuskeskus, PohjoisSuomen yksikkö. Arkistoraportti R/814/42/2005. 18 s.
- YLE 2003. Kullankaivuu alkaa jälleen Pahtavaarassa. *YLE Uutiset*. 8.5.2003. Yleisradio Oy. Sivulla vierailtu 29.4.2019. <https://yle.fi/uutiset/3-5143706>.
- YLE 2007. Kaivosyhtiö Scanmining asetettu konkurssiin. *YLE Uutiset* 21.12.2007. Yleisradio Oy. Sivulla vierailtu 29.4.2019. <https://yle.fi/uutiset/3-5814139>.
- YLE 2009. Kevitsan kaivostie sai sillan – kaivospäästöä pantataan yhä. *YLE Uutiset* 26.11.2009, päivitetty 29.5.2012. Yleisradio Oy. Sivulla vierailtu 08.5.2019. <https://yle.fi/uutiset/3-5935594>.
- Ympäristöhallinto 2019. Sivulla vierailtu 3.5.2019. [https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Kartat\\_ja\\_tilastot/Tietojarjestelmat](https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Kartat_ja_tilastot/Tietojarjestelmat).

## **LIITTEET**

Liitteinä olevien tulosten taulukoissa seuraavat merkinnät:

**L** on määrittäysrajan alittava tulos

**C** on hälytysrajan ylittävä tai alittava varmistettu tulos

\* on Kevitsan tarkkailuohjelman analyysituloks 20.8.2012

Liite 1. Mataraojan pohjoisosan tulokset

Liite 2. Mataraojan keskiosan tulokset

Liite 3. Mataraojan eteläosan tulokset

Liite 4. Saiveljärven tulokset

Liite 5. Vajukosken tulokset

Liite 6. Mataraojan alapuolisen pisteen tulokset

Liite 7. Kersilön tulokset

Liite 8. Vajukosken virtaamat eri vuosilta

Liite 9. Pitoisuuksien jakautuminen Kevitsan alueella

**LIITE 1: Mataraajan pohjoisosan tulokset**

Näytepiste	PVM	Kiintoaine mg/l	Ec mS/m	pH	CODMn mgO2/l	Väri mgPt/l	Happi mgO2/l	Alk. mmol/l	Ca mg/l	Cd µg/l	Cl mg/l	Cr µg/l
TP2 / KevS-1	13,10,2009	L 1	9,3	6,94			9,3				1,2	L 3
TP2 / KevS-1	20,8,2012	1,6	12	7,26	9,2	73	7,3	C 1,15	9,8		1	L 3
TP2 / KevS-1	25,8,2014	L 2	9	7,2	12	55	8,3	0,88			0,8	
TP2 / KevS-1	24,8,2017	L 2	8,8	7,2	12	70	9	0,78	9,3	L 0,03	1,1	

Näytepiste	PVM	Cu µg/l	Fe µg/l	K mg/l	Mg mg/l	Mn µg/l	Na mg/l	Ni µg/l	Pb µg/l	SO4 mg/l	PO4-P µg/l	NO3-N µg/l
TP2 / KevS-1	13,10,2009	L 3	310					L 3		L2	L 2	
TP2 / KevS-1	20,8,2012	L 3	870	1,2	6,4	170	1,9	L 3		0,84	L 2	L 10
TP2 / KevS-1	25,8,2014	L 1	430	0,96		20	1,2	1,7		0,71	L 2	L 4
TP2 / KevS-1	24,8,2017	2,3	660	1,1	3,8	21	1,4	3,5	L 0,1	0,74	2,8	L 4

Näytepiste	PVM	NH4-N µg/l	Kok.fosf. µg/l	Kok.typ. µg/l
TP2 / KevS-1	13,10,2009	L 3	3,7	160
TP2 / KevS-1	20,8,2012	L 3	4,1	230
TP2 / KevS-1	25,8,2014	L 4	4,5	270
TP2 / KevS-1	24,8,2017	7	6	360

Näytepiste	Vuosi	Kiintoaine mg/l		Ec mS/m		pH mgO2/l		CODMn mgO2/l		Väriluku mgPt/l		Happi mgO2/l		Alk. mmol/l		Ca mg/l		Cd µg/l	
		Keskiarvo	Mediaani	Keskiarvo	Mediaani	Keskiarvo	Mediaani	Keskiarvo	Mediaani	Keskiarvo	Mediaani	Keskiarvo	Mediaani	Keskiarvo	Mediaani	Keskiarvo	Mediaani	Keskiarvo	Mediaani
TP2 / KevS-1	2008	1,4		4,9		6,7													
TP2 / KevS-1	2009			9,9		6,8						9,3							
TP2 / KevS-1	2010			13	7,1	6,9	7,0					8,3							
TP2 / KevS-1	2011			10	4,5	6,9	6,9					4,9							
TP2 / KevS-1	2012	1,5		11	10,9	6,8	6,8	8,6		65		7		0,8		7,8			
TP2 / KevS-1	2013	5,3		13	14	7,2	7,1	6,2		45		8,4		1,3		13,8			
TP2 / KevS-1	2014	1,3		12	12,5	7		7,3		40		8,1		1,2		13			
TP2 / KevS-1	2015	3,5		13,1	9	6,9	7	10,5		78		7,3		1,3		13,7		<0,03	
TP2 / KevS-1	2016	<2		8,7	7,35	7,1	7,1	11,6		65		8,4		0,8		9	6,6	<0,03	
TP2 / KevS-1	2017	<2		10,9	8,95	7,2	7,2	9,6		65		7,4		1		10,9	9,25	<0,03	

Näytepiste	Vuosi	Cl mg/l		Co µg/l		Cr µg/l		Cu µg/l		Fe µg/l		K mg/l		Mg µg/l		Mn mg/l		Na mg/l	
		Keskiarvo	Mediaani	Keskiarvo	Mediaani	Keskiarvo	Mediaani	Keskiarvo	Mediaani	Keskiarvo	Mediaani	Keskiarvo	Mediaani	Keskiarvo	Mediaani	Keskiarvo	Mediaani	Keskiarvo	Mediaani
TP2 / KevS-1	2008	1,5								4500						1900			
TP2 / KevS-1	2009	1,2								1500						1000			
TP2 / KevS-1	2010	0,8								515						65			
TP2 / KevS-1	2011	0,7	0,8							470	390					85	9		
TP2 / KevS-1	2012	1,1	1	5,7		<3		<3		964	760	0,8		4,8		435	48	1,6	
TP2 / KevS-1	2013	1,3	1,1			1		1,5		563	400	1,5		5,8		329	110	2	2,15
TP2 / KevS-1	2014	1,5	1,25			<1		<1		400	370	1,4	1,55	5,6		208	65	1,9	1,9
TP2 / KevS-1	2015	1,2	1,3			<1		<1		1566	1100	1,5	0,9	6,1		892	62	1,9	1,6
TP2 / KevS-1	2016	0,8	0,85			1,2		<1		519	495	1	0,89	4		62	23,5	1,4	1,3
TP2 / KevS-1	2017	1	1,05			1,6		1		699	495	1,1	1,1	4,8	3,95	408	34,5	1,6	1,45

Näytepiste	Vuosi	Ni µg/l		Pb µg/l		SO4 mg/l		PO4-P µg/l		NO3-N µg/l		NH4-N µg/l		Kokonaisfosfori µg/l		Kokonaistyyppi µg/l	
		Keskiarvo	Mediaani	Keskiarvo	Mediaani	Keskiarvo	Mediaani	Keskiarvo	Mediaani	Keskiarvo	Mediaani	Keskiarvo	Mediaani	Keskiarvo	Mediaani	Keskiarvo	Mediaani
TP2 / KevS-1	2008	0,5				0,7		<2				<3		5,3		240	
TP2 / KevS-1	2009	0,5				1		<2				5,5		4,4		183	
TP2 / KevS-1	2010	0,5	1,5			0,7		<2		<10		7		11		238	
TP2 / KevS-1	2011	0,5	1,5			0,6	0,52	<2				23		5,1	6,1	350	280
TP2 / KevS-1	2012	2,2	1,5			1,4	0,84	<2		<10		14		5,5	5,2	252	230
TP2 / KevS-1	2013	1,5	1,25			1,5	1,3	6		10		7,8		3,9	3	232	220
TP2 / KevS-1	2014	1,6	1,5			1,3	1,1	<2		<4		4,2		5,3	4,1	218	195
TP2 / KevS-1	2015	4,8	3,2	<0,5		1,3	1,3	<2		11,2		5,5		5,6	3,8	266	230
TP2 / KevS-1	2016	3,1	2,7	<0,5		0,8	0,89	<2		4,5		<4		3,3	3	240	240
TP2 / KevS-1	2017	4,6	4,25	0,1		0,9	0,87	<2		4,2		<4		3,1	3	218	210



## LIITE 2: Mataraajan keskiosan tulokset

Näytepiste	PVM	Kiintoaine mg/l	Ec mS/m	pH	CODMn mgO2/l	KMnO4 mg/l	Väri mgPt/l	Happi mgO2/l	Alk. mmol/l	Al µg/l	Ca mg/l	Cd µg/l
55165 GTK	23,8,1990		10,4	6,69		31	60		0,99	10,3	10,2	
TP4 / KevS-4	13,10,2009		8	6,68				6,4				
VE_RAPI-2012-7.1	14,8,2012		19,7	7,52		32,86			1,76	6,82	16,6	<0.02
TP4 / KevS-4	25,8,2014	L 2	10	7,2	10		100	8,4	0,95			
TP4 / KevS-4	22,8,2017	12	11	7,3	9,7		160	9,2	0,99		12	L 0,03

Näytepiste	PVM	Cl mg/l	Cr µg/l	Cu µg/l	Fe µg/l	K mg/l	Mg mg/l	Mn µg/l	Na mg/l	Ni µg/l	Pb µg/l	SO4 mg/l
55165 GTK	23,8,1990	1	0,53	0,297	644	1,08	6,21	88,5	1,78	0,938	0,147	2,5
TP4 / KevS-4	13,10,2009	1,4	L 3	L 3	1900					L 3		L 2
VE_RAPI-2012-7.1	14,8,2012	2,9	0,39	0,62	900	1,12	12,7	126	2,76	1,99	0,1	14
TP4 / KevS-4	25,8,2014	3	L 1	L 1	1200	1,1		160	2,2	1,5		1,4
TP4 / KevS-4	22,8,2017	2,3	L 0,5	L 0,5	3000	1,1	5,7	530	1,8	2,2	L 0,1	0,84

Näytepiste	PVM	PO4 µg/l	PO4-P µg/l	NO3 mg/l	Kok.fosf. µg/l	Kok.typ. µg/l
55165 GTK	23,8,1990			<0.2		
TP4 / KevS-4	13,10,2009		L 2		3,7	170
VE_RAPI-2012-7.1	14,8,2012	<0.02		<0.2	10,1 / 7,6*	330*
TP4 / KevS-4	25,8,2014		L 2		5	260
TP4 / KevS-4	22,8,2017		L 2		4	480

Näytepiste	Vuosi	Kiintoaine mg/l	Ec mS/m	pH	CODMn mgO2/l	Väri mgPt/l	Happi mgO2/l	Alk. mmol/l	Ca mg/l	Cd µg/l	Cl mg/l	Co µg/l	Cr µg/l	Cu µg/l
TP4 / KevS-4	2009	3,5	10	6,8			6,4	1,1			1,6		<3	<3
TP4 / KevS-4	2010	4,1	9,6	6,8			7,7				1,3		<3	<3
TP4 / KevS-4	2011	3,7	14	7,1			6				3,2		3	3,3
TP4 / KevS-4	2012	3,4	18	7	7,4	124	8,5	1,2	14		2,5	5,9	<3	<3
TP4 / KevS-4	2013	5,3	23	7,3	6,3	94	9,1	1,2	16,2		15,8		<3	1,4
TP4 / KevS-4	2014	3,2	16	7,1	7,3	83	9,3	1,2	13,2		7,7		<1	<1
TP4 / KevS-4	2015	2,1	11,8	7,1	7,3	66	9,8	1	11	<0,03	2,3		<1	<1
TP4 / KevS-4	2016	2,8	9,1	7,2	9	83	8,8	0,8	8,5	<0,03	1,9		<1	<1
TP4 / KevS-4	2017	4,8	11,6	7,3	8,1	120	8,4	1	10,5	<0,03	2,8		<0,50	<0,50

Näytepiste	Vuosi	Fe µg/l	K mg/l	Mg mg/l	Mn µg/l	Na mg/l	Ni µg/l	Pb µg/l	SO4 mg/l	PO4-P µg/l	NO3-N µg/l	NH4-N µg/l	Kok.fosf. µg/l	Kok.typ. µg/l
TP4 / KevS-4	2009	5075			963		0,5		1	<2		7,4	6,1	315
TP4 / KevS-4	2010	2700			497		0,5		2,7	5,9	<10	4,2	6,4	285
TP4 / KevS-4	2011	1158			752		5,4		14	2,4		93	14	1998
TP4 / KevS-4	2012	2080	1,2	13	532	2,8	2,8		17	2	90	17	8	390
TP4 / KevS-4	2013	1287	2,6	10	304	9,4	2,4		26,7	2,5	27	13,6	10,5	272
TP4 / KevS-4	2014	1536	1,7	7,3	397	4,8	1,6	<0,5	8,3	<2	8,7	11,3	8,4	245
TP4 / KevS-4	2015	1167	1,1	6,1	239	2,2	1,3	<0,5	3,5	<2	<4	<4	4,5	218
TP4 / KevS-4	2016	1536	0,8	4,5	211	1,7	1,6	<0,5	2,5	<2	<4	<4	3,5	205
TP4 / KevS-4	2017	2694	0,9	5,8	720	2	2,3	<0,5	1,9	<2	4	<4	3,2	256

### LIITE 3: Mataraojan eteläosan tulokset

Näytepiste	PVM	Kiintoaine mg/l	Ec mS/m	pH	CODMn mgO2/l	KMnO4 mg/l	Väri mgPt/l	Happi mgO2/l	Alk. mmol/l	Al µg/l	Ca mg/l	Cd µg/l
N94291145	3,8,1994		20,2	7,8		9,2	15		1,2	3,75	28,7	0,02
TP5 / KevS-10	13,10,2009	l2	16	6,95				10				
VE_RAPI-2012-1.1	13,08,2012	1*	18	7,8	5,9*	25,28	66*		1,29	16,3	21,9	<0,02
TP5 / KevS-10	25,8,2014	l2	12	7,4	12		80	9,1	0,79			
TP5 / KevS-10	22,8,2017	2,1	12	7,5	11		100	4,7	0,72		16	l0,03

Näytepiste	PVM	Cl mg/l	Co µg/l	Cr µg/l	Cu µg/l	Fe µg/l	K mg/l	Mg mg/l	Mn µg/l	Na mg/l	Ni µg/l	Pb µg/l
N94291145	3,8,1994	0,8	0,02	0,29	0,32	190	1,5	6,04	6,03	2,41	0,19	0,03
TP5 / KevS-10	13,10,2009	1,3		L 3	L 3	700					L 3	
VE_RAPI-2012-1.1	13,08,2012	1,3	0,07	0,41	0,2	400	1,23	6,42	32,1	2,13	1,4	0,08
TP5 / KevS-10	25,8,2014	1,3		l1	l1	760	0,85		23	1,7	1,3	
TP5 / KevS-10	22,8,2017	0,8		0,67	l0,5	1100	0,85	3,5	93	1,7	1,9	l0,1

Näytepiste	PVM	Zn µg/l	SO4 mg/l	PO4 µg/l	PO4-P µg/l	NO3 mg/l	NO3-N µg/l	NH4-N µg/l	Kok.fosf. µg/l	Kok.typ. µg/l
N94291145	3,8,1994	1,6	36,3	<0,02		<0,2		l3		
TP5 / KevS-10	13,10,2009		57						3,7	140
VE_RAPI-2012-1.1	13,08,2012	2,58	25	<0,02		<0,2			27,3 / 3,1*	320*
TP5 / KevS-10	25,8,2014		17		l2	l4	l4	l4	5,4	240
TP5 / KevS-10	22,8,2017		17		l2	l4	l4	l4	4	430

Näytepiste	Vuosi	Kiintoaine mg/l	Ec mS/m	pH	CODMn mgO2/l	Väri mgPt/l	Happi mgO2/l	Alk. mmol/l	Ca mg/l	Cd µg/l	Cl mg/l	Co µg/l	Cr µg/l	Cu µg/l
TP5 / KevS-10	2009	<2	16	7,1			9,6	1			1,3		<3	<3
TP5 / KevS-10	2010	1,5	14	7,2			11,0				1		<3	<3
TP5 / KevS-10	2011	2,8	13	7,3			10,0				1,5		<3	<3
TP5 / KevS-10	2012	1,3	16,9	7,3	7	62	11,0	1	15		1,1	<4	<3	<3
TP5 / KevS-10	2013	2	18,7	7,6	5,7	44	11,3	1	22,6		3		<1	2,1
TP5 / KevS-10	2014	<2	17,2	7,4	6,7	49	11,0	1	18,6	<0,03	2,5		<1	<1
TP5 / KevS-10	2015	<2	14,7	7,4	8	54	11,2	0,9	15,6	<0,03	1		<1	<1
TP5 / KevS-10	2016	<2	12	7,4	10	78	10,6	0,7	25	<0,03	0,8		<1	<1
TP5 / KevS-10	2017	<2	15,5	7,6	6,4	63	10,8	0,9	19,5	<0,03	1,1		<0,5	<0,5

Näytepiste	Vuosi	Fe µg/l	K mg/l	Mg mg/l	Mn µg/l	Na mg/l	Ni µg/l	Pb µg/l	SO4 mg/l	PO4-P µg/l	NO3-N µg/l	NH4-N µg/l	Kok.fosf. µg/l	Kok.typ. µg/l
TP5 / KevS-10	2009	758			64		0,5		41	<2		<3	5,1	160
TP5 / KevS-10	2010	1375			303		0,5		26	2	<10	5	6,5	182
TP5 / KevS-10	2011	1038			203		0,5		24	3,2	<10	24	11	550
TP5 / KevS-10	2012	780	1,1	5,7	169	2	0,5		31	2,1	18	7,4	5,7	222
TP5 / KevS-10	2013	427	1,5	5,1	66	3	0,9		31,7	3	34,5	8,7	4,9	179
TP5 / KevS-10	2014	557	1,2	4,1	75	1,9	1,1	<0,5	32,4	<2	8,5	5,9	5,7	169
TP5 / KevS-10	2015	835	0,9	3,3	120	1,5	1,4	<0,5	25,2	<2	8	4,9	5	178
TP5 / KevS-10	2016	690	1,3	5,3	230	2	1,2	<0,5	19,7	<2	4,8	<4	4,1	170
TP5 / KevS-10	2017	751	1,1	4,1	122	1,8	1,2	<0,5	26,1	<2	6,3	<4	3,4	154

#### LIITE 4: Saiveljärven tulokset

Näytepiste	PVM	Kiintoaine mg/l	Ec mS/m	pH	CODMn mgO2/l	KMnO4 mg/l	Väri mgPt/l	Happi mgO2/l	Alk. mmol/l	Al µg/l	Ca mg/l	Cd µg/l
N94291139	3,8,1994		4,2	6,30		35,7	35		0,30	16,4	3,37	0,02
TP10/KevS-7	17,9,1998	6,3	2,9	7,10	15		90	11,30	0,18			
TP10/KevS-7	13,10,2009	5,6	4,4	6,75				16,00				
VE_RAPI-2012-12.1	14,08,2012	6,0*	3,6	7,80	19*	42,3	150*	9,2*	0,37	11,9	3,94	<0,02
TP10/KevS-7	12,8,2014	6,1	4,0	7,50	16		90	9,10	0,29			
TP10/KevS-7	22,8,2017	5,9	3,4	7,10	14		100	9,60	0,21			10,03

Näytepiste	PVM	Cl mg/l	Co µg/l	Cr µg/l	Cu µg/l	Fe µg/l	K mg/l	Mg mg/l	Mn µg/l	Na mg/l	Ni µg/l	Pb µg/l
N94291139	3,8,1994	0,50	0,21	0,60	0,59	660	0,48	1,48	13,90	0,91	1,11	0,20
TP10/KevS-7	17,9,1998					620						
TP10/KevS-7	13,10,2009	1,20		13	13	630			8,10		13	
VE_RAPI-2012-12.1	14,08,2012	0,45	0,08	0,43	0,34	730	0,37	1,70	4,01	0,94	1,04	0,25
TP10/KevS-7	12,8,2014	1,20		11	11	760			37,00		1,30	
TP10/KevS-7	22,8,2017	1,40		0,54	10,5	770			11,00		1,40	10,1

Näytepiste	PVM	Zn µg/l	SO4 mg/l	PO4 µg/l	PO4-P µg/l	NO3 mg/l	NO3-N µg/l	NH4-N µg/l	Kok.fosf. µg/l	Kok.typ. µg/l
N94291139	3,8,1994	2,03	1,70	<0,02		0,60				
TP10/KevS-7	17,9,1998							7	29	490
TP10/KevS-7	13,10,2009		12		2,50			71	33	940
VE_RAPI-2012-12.1	14,08,2012	3,08	2,00	0,02		<0,2		74*	19,4 / 46*	590 *
TP10/KevS-7	12,8,2014		1,80		3,30		14	7	32	510
TP10/KevS-7	22,8,2017		1,40		5,20		14	11	15	480

Näytepiste	Vuosi	Kiintoaine mg/l		Ec mS/m		pH mgO2/l		CODMn mgO2/l		Väriluku mgPt/l		Happi mgO2/l		Alk. mmol/l		Ca mg/l		Cd µg/l	
		Keskiarvo	Mediaani	Keskiarvo	Mediaani	Keskiarvo	Mediaani	Keskiarvo	Mediaani	Keskiarvo	Mediaani	Keskiarvo	Mediaani	Keskiarvo	Mediaani	Keskiarvo	Mediaani	Keskiarvo	Mediaani
TP10/KevS-7	1994	5,53	3,10	4,3	3,6	7,8	7,2	7,1	14,0	123	160	8,4	10,6	0,28	0,23				
TP10/KevS-7	1995	4,45	4,45	2,8	2,8	7,0	7,0	15,0	15,0	90	90	9,3	9,3	0,18	0,18				
TP10/KevS-7	1996	3,73	3,65	5,5	5,1	6,9	6,9	14,5	14,5	138	135	6,1	10,6	0,43	0,39				
TP10/KevS-7	1997	2,55	3,70	4,0	3,4	7,0	7,2	13,0	14,0	127	80	7,3	9,3	0,30	0,25				
TP10/KevS-7	1998	2,93	2,15	3,2	2,7	6,8	6,8	12,0	12,5	85	85	8,0	5,6	0,22	0,17				
		Keskiarvo		Keskiarvo		Keskiarvo		Keskiarvo		Keskiarvo		Keskiarvo		Keskiarvo		Keskiarvo		Keskiarvo	
TP10/KevS-7	1998-2005	16		4		6,9		17		111		9,5		0,2					
TP10/KevS-7	2008	<1		3,6		6,7						9,2		0,2					
TP10/KevS-7	2009	6,5		4,3		7,1						7,9		0,3					
TP10/KevS-7	2010	3,3		3,8		6,8						9,1							
TP10/KevS-7	2011	8,8		4,5		7,3						7,8							
TP10/KevS-7	2012	15		4,3		7,2		21		150		8,5		0,2					
TP10/KevS-7	2013	7,7		5		7,1		13,1		84		9,9		0,3		3			
TP10/KevS-7	2014	2,3		5		7		11,6		65		8,3		0,3		2,9			
TP10/KevS-7	2015	3,1		4,5		7		17,3		118		10,2		0,3		2,8		<0,03	
TP10/KevS-7	2016	3,4		3,9		7		18,8		138		9,1		0,3				<0,03	
TP10/KevS-7	2017	7,4		6,4		7,1		21,8		125		11		0,5				<0,03	

Näytepiste	Vuosi	Cl mg/l		Co µg/l		Cr µg/l		Cu µg/l		Fe µg/l		K mg/l		Mg µg/l		Mn mg/l		Na mg/l	
		Keskiarvo	Mediaani	Keskiarvo	Mediaani	Keskiarvo	Mediaani	Keskiarvo	Mediaani	Keskiarvo	Mediaani	Keskiarvo	Mediaani	Keskiarvo	Mediaani	Keskiarvo	Mediaani	Keskiarvo	Mediaani
TP10/KevS-7	1994							0,45	0,45	1830	1600								
TP10/KevS-7	1995							0,34	0,34	630	630								
TP10/KevS-7	1996							0,35	0,33	2250	2150								
TP10/KevS-7	1997							0,73	0,73	1633	1100								
TP10/KevS-7	1998							1,49	0,88	740	715								
		Keskiarvo		Keskiarvo		Keskiarvo		Keskiarvo		Keskiarvo		Keskiarvo		Keskiarvo		Keskiarvo		Keskiarvo	
TP10/KevS-7	1998-2005			<1				1,9		1136						74			
TP10/KevS-7	2008					<3		<3		580						7			
TP10/KevS-7	2009	1,2				<3		<3		1803						89			
TP10/KevS-7	2010	0,5				<3		<3		955						57			
TP10/KevS-7	2011	0,5				<3		<3		1177						67			
TP10/KevS-7	2012	0,6		<4		<3		<3		2150						67			
TP10/KevS-7	2013	2,5				<3		2		678		0,5		1,4		57		1,4	
TP10/KevS-7	2014	2,2				<1		<1		565		0,4		1,5		74			
TP10/KevS-7	2015	1,4				<1		<1		915		0,6		1,4		67		1	
TP10/KevS-7	2016	1,2				<1		<1		1015						69			
TP10/KevS-7	2017	2				0,8		1,6		5255						109			

Näytepiste	Vuosi	Ni µg/l		Pb µg/l		Zn µg/l		SO4 mg/l		PO4-P µg/l		NO3-N µg/l		NH4-N µg/l		Kok.fosf. µg/l		Kok.typ. µg/l	
		Keskiarvo	Mediaani	Keskiarvo	Mediaani	Keskiarvo	Mediaani	Keskiarvo	Mediaani	Keskiarvo	Mediaani	Keskiarvo	Mediaani	Keskiarvo	Mediaani	Keskiarvo	Mediaani	Keskiarvo	Mediaani
TP10/KevS-7	1994	8,91	8,91	0,33	0,33	3,6	3,6	1,93	1,6		13					52	52	1507	1700
TP10/KevS-7	1995	1,3	1,3	0,28	0,28	2	2				4,5					42	42	650	650
TP10/KevS-7	1996	1,78	2,2	0,15	0,14	1,57	1,7				9,5					42,5	36	613	570
TP10/KevS-7	1997	1,24	1,24	0,22	0,22	1,65	1,65				5					25,3	27	663	520
TP10/KevS-7	1998	8,31	12	0,69	0,09	6,07	2,1				3					26,5	26,5	505	520
		Keskiarvo		Keskiarvo		Keskiarvo		Keskiarvo		Keskiarvo		Keskiarvo		Keskiarvo		Keskiarvo		Keskiarvo	
TP10/KevS-7	1998-2005	1,8						2,2		4,9				95		46		1057	
TP10/KevS-7	2008	0,5								5,3				61		15		550	
TP10/KevS-7	2009	0,5						<2		8,1				75		44		1052	
TP10/KevS-7	2010	0,5						1,6		4,3		<10		69		33		630	
TP10/KevS-7	2011	0,5						1,4		5,6				43		43		957	
TP10/KevS-7	2012	0,5						1,9		8,5		71		131		58		898	
TP10/KevS-7	2013	1,7						3,4		4,9		185,3		85,8		34,1		808	
TP10/KevS-7	2014	1,5						2,7		2,4		102,7		22,3		19,3		575	
TP10/KevS-7	2015	2,1		<0,5				2,2		3,1		157,3		32		24,8		740	
TP10/KevS-7	2016	2,2		<0,5				1,9		4,5		66		27,8		11,6		835	
TP10/KevS-7	2017	2,5		<0,1				1,7		12,3		49,6		357,8		28,5		975	

## LIITE 5: Vajukosken tulokset

Näytepiste	PVM	Kiintoaine mg/l	Ec mS/m	pH	CODMn mgO <sub>2</sub> /l	KMnO <sub>4</sub> mg/l	Väri mgPt/l	Happi mgO <sub>2</sub> /l	Alk. mmol/l	Al µg/l	Ca mg/l	Cd µg/l
P16 / KevS-6	17,12,2009	11,7	3,4	6,95				11				
VE_RAPI-2012-10.1	14,08,2012	1,6*	3,26	7,2	8,8*	24,65	65*		0,36	24,2	3,42	<0,02
P16 / KevS-6	12,08,2014	12	3,5	7,1	8,7		55	8,5	0,26	21		10,03
P16 / KevS-6	22,08,2017	2,1	3	7,1	8,3		80	9,6	0,2	24	3	10,03

Näytepiste	PVM	Cl mg/l	Co µg/l	Cr µg/l	Cu µg/l	Fe µg/l	K mg/l	Mg mg/l	Mn µg/l	Na mg/l	Ni µg/l	Pb µg/l
P16 / KevS-6	17,12,2009	0,9		13	13	470			41		13	
VE_RAPI-2012-10.1	14,08,2012	0,48	0,08	0,46	0,31	470	0,38	1,14	40,3	1,15	0,38	0,13
P16 / KevS-6	12,08,2014	0,7	10,5	11	11	600	0,47		35	1,4	11	10,5
P16 / KevS-6	22,08,2017	0,6	10,1	10,5	10,5	820	0,38	1	26	1,1	0,31	10,1

Näytepiste	PVM	Zn µg/l	SO <sub>4</sub> mg/l	PO <sub>4</sub> µg/l	PO <sub>4</sub> -P µg/l	NO <sub>3</sub> mg/l	NO <sub>3</sub> -N µg/l	NH <sub>4</sub> -N µg/l	Kok.fosf. µg/l	Kok.typ. µg/l
P16 / KevS-6	17,12,2009		2,7		4,3		45	11	9,5	340
VE_RAPI-2012-10.1	14,08,2012	14,5	1,5	<0,02		<0,2			<10 / 18*	280*
P16 / KevS-6	12,08,2014	15	2,4		12		14	7	10	240
P16 / KevS-6	22,08,2017	11	1,7		3			6	7	290



Näytepiste	Vuosi	Kiintoaine mg/l	Ec mS/m	pH	CODMn mgO2/l	Väri mgPt/l	Happi mgO2/l	Alk. mmol/l	Al µg/l	Ca mg/l	Cd µg/l	Cl mg/l	Co µg/l	Cr µg/l	Cu µg/l
Vajukosk. V1	1984-1987		3,1	6,7	9,7	88	11,0	0,17				0,9			
P16 / KevS-6	2009	<1,7	3,4	7			11					0,9			
P16 / KevS-6	2010	1,6	3,3	6,9			9,9	0,1				0,7			
P16 / KevS-6	2011	1	3,5	6,8			8,8					0,5			
P16 / KevS-6	2012	<2	3,2	7,1	9,2	68	10,5	0,2		3,6		0,6	<4	<3	<3
P16 / KevS-6	2013	2,4	3,3	7	7,6	50	10,5	0,2	18	3,3	<0,03	0,9			2,4
P16 / KevS-6	2014	<2	3,5	6,9	7,9	52	10,4	0,2	18,5	3,4	<0,03	1,1		<1	<1
P16 / KevS-6	2015	<2	3,2	6,9	8,8	63	10,6	0,2	22,5	3,2	<0,03	0,8	<0,5	<1	<1
P16 / KevS-6	2016	<2	2,8	7	9,9	74	10,3	0,2	21,5	2,8	<0,03	0,6	<0,5	<1	<1
P16 / KevS-6	2017	<2	3,4	7,1	10,5	83	10,4	0,2	26	3,5	<0,03	0,7	<0,5	<0,5	<0,5

Näytepiste	Vuosi	Fe µg/l	K mg/l	Mg mg/l	Mn µg/l	Na mg/l	Ni µg/l	Pb µg/l	Zn µg/l	SO4 mg/l	PO4-P µg/l	NO3-N µg/l	NH4-N µg/l	Kok.fosf. µg/l	Kok.typ. µg/l
Vajukosk. V1	1984-1987	703			44						5,5	155	7	21,8	388
P16 / KevS-6	2009	470			41		0,5			2,7	4,3		11	9,5	340
P16 / KevS-6	2010	621			36		0,5			1,7	2,7	14	17	13	352
P16 / KevS-6	2011	535			46		0,5			2	2,7		11	13	387
P16 / KevS-6	2012	498	0,5	1	22	1,2	0,5			1,8	2	42	14	12	301
P16 / KevS-6	2013	488	0,5	1,2	26	1,4	0,6	<0,5		2,4	2	79,2	14	12	378
P16 / KevS-6	2014	526	0,5	1,2	29	1,3	0,5		<5	2,5	2,7	61	7,5	11,7	320
P16 / KevS-6	2015	622	0,5	1,1	27	1,3	0,5	<0,5	<5	2,4	<2	53,4	8	11,6	332
P16 / KevS-6	2016	555	0,4	0,9	22	1	0,5	<0,5	<5	1,8	9,2	49,8	14,1	14,3	297
P16 / KevS-6	2017	702	0,4	1,2	27	1,5	0,5	<0,5	<5	2,1	2,4	95,8	5,8	7	364

## LIITE 6: Mataraajan alapuolisen pisteen tulokset

Näytepiste	PVM	Kiintoaine mg/l	Ec mS/m	pH	CODMn mgO <sub>2</sub> /l	KMnO <sub>4</sub> mg/l	Väri mgPt/l	Happi mgO <sub>2</sub> /l	Alk. mmol/l	Al µg/l	Ca mg/l	Cd µg/l
P9/KevS-12	13,10,2009	1,3	4	6,85				12				
VE_RAPI-2012-8.1	13,8,2012	<2*	3,54	7,53	8,3*	27,49	*69	*9,1	0,32	22,7	3,81	<0,02
P9/KevS-12	12,8,2014	l2	4,7	7,2	8,2		55	8,5	0,28	20		l0,03
P9/KevS-12	22,8,2017	l2	3,4	7,1	8,3		60	8,5	0,21	23	3,3	l0,03

Näytepiste	PVM	Cl mg/l	Co µg/l	Cr µg/l	Cu µg/l	Fe µg/l	K mg/l	Mg mg/l	Mn µg/l	Na mg/l	Ni µg/l	Pb µg/l
P9/KevS-12	13,10,2009	1,10		l3	l3	600			29		l3	
VE_RAPI-2012-8.1	13,8,2012	0,44	0,09	0,44	0,64	500	0,38	1,25	42,7	1,11	0,31	0,14
P9/KevS-12	12,8,2014	1,9	l0,5	l1	l1	580	0,63		50	2,1	l1	l0,5
P9/KevS-12	22,8,2017	l0,5	l0,1	l0,5	0,57	810	0,44	1,2	23	1,2	0,38	l0,1

Näytepiste	PVM	Zn µg/l	SO <sub>4</sub> mg/l	PO <sub>4</sub> µg/l	PO <sub>4</sub> -P µg/l	NO <sub>3</sub> mg/l	NO <sub>3</sub> -N µg/l	NH <sub>4</sub> -N µg/l	Kok.fosf. µg/l	Kok.typ. µg/l
P9/KevS-12	13,10,2009		3,2		l2				12	290
VE_RAPI-2012-8.1	13,8,2012	4,23	1,9	<0,02	3,4*	<0,2	l10*	16*	<10 / 15*	300*
P9/KevS-12	12,8,2014	l5	4,2		l2		l4	6	11	270
P9/KevS-12	22,8,2017	1,2	2,5		2,1		44	8	7	320

Näytepiste	Vuosi	Kiintoaine mg/l	Ec mS/m	pH	CODMn mgO2/l	Väri mgPt/l	Happi mgO2/l	Alk. mmol/l	Al µg/l	Ca mg/l	Cd µg/l	Cl mg/l	Co µg/l	Cr µg/l	Cu µg/l
P9/KevS-12	2008	<1	4,3	7			12	0,2						<3	<3
P9/KevS-12	2009	<1	3,8	6,9			11	0,3				1		<3	<3
P9/KevS-12	2010	1,8	3,9	6,9			10,1					0,8		<3	<3
P9/KevS-12	2011	1,4	4	6,9			6,9					0,8		<3	<3
P9/KevS-12	2012	2,2	3,9	7,1	9,1	72	11,3	0,2		3,8		0,7	<4	<3	<3
P9/KevS-12	2013	2,6	4,6	7,1	7,8	53	10,6	0,3	14	4,4	<0,03	1,5	<0,5	<1	1,8
P9/KevS-12	2014	<2	4,7	7	8,3	56	10,5	0,3	20	4,6	<0,03	1,8	<0,5	<1	<1
P9/KevS-12	2015	<2	4,2	7	9,2	65	10,9	0,3	31	4,2	<0,03	1,2	<0,5	<1	<1
P9/KevS-12	2016	<2	3,5	7	10	78	10,4	0,2	25	3,4	<0,03	0,9	<0,5	<1	<1
P9/KevS-12	2017	<2	3,7	7,1	9	77	10,8	0,2	24,5	3,6	<0,03	0,9	<0,5	<1	<0,5

Näytepiste	Vuosi	Fe µg/l	K mg/l	Mg mg/l	Mn µg/l	Na mg/l	Ni µg/l	Pb µg/l	Zn µg/l	SO4 mg/l	PO4-P µg/l	NO3-N µg/l	NH4-N µg/l	Kok.fosf. µg/l	Kok.typ. µg/l
P9/KevS-12	2008	490			19		0,5				2,6		5,9	9,1	330
P9/KevS-12	2009	653			39		0,5			2,6	2,3		6,1	12	322
P9/KevS-12	2010	681			42		0,5			2,5	3,5	11	19	13	391
P9/KevS-12	2011	593			56		0,5			3,1	3,4		20	14	473
P9/KevS-12	2012	513	0,6	1,2	32	1,4	0,5			3,2	2,6	57	19	11	349
P9/KevS-12	2013	508	0,7	1,5	30	1,8	0,7			4,6	3,3	63,3	19,1	11,4	375
P9/KevS-12	2014	554	0,6	1,5	32	1,7	0,5	<0,5	7,9	4,6	2,4	57,5	7,6	11,5	324
P9/KevS-12	2015	672	0,6	1,4	34	1,5	0,6	<0,5	5,6	4	<2	55	8,2	11,3	339
P9/KevS-12	2016	593	0,4	1,1	29	1,2	0,5	<0,5	<5	3,2	<2	52,6	6,5	7,2	290
P9/KevS-12	2017	678	0,4	1,2	25	1,2	0,6	<0,5	3,5	3,3	2,6	72,6	4,4	6,9	307

## LIITE 7. Kersilön tulokset

Näytepiste	PVM	Kiintoaine mg/l	Ec mS/m	pH	CODMn mgO2/l	Väri mgPt/l	Happi mgO2/l	Alk. mmol/l	Ca mg/l	Cl mg/l	Cr µg/l	Cu µg/l	Fe µg/l
Kitinen Kersilö 109	12,10,1967		3,4	7,2	13	70	13,4						
Kitinen Kersilö 109	13,10,1980		6	7,34	11,2	90	11,4	0,34					1590
Kitinen Kersilö 109	21,9,1994	12	5,7	7,4	6,7	70	11,6	0,37		1,4			2200
Kitinen Kersilö 109	22,9,1997		5,5	7,2		80		0,36					780
Kel1/KEvS-13/P15	15,10,2001	1	3,6	6,97	10,8	70	11,7	0,24					650
Kel1/KEvS-13/P15	1,8,2005		3,9	7	11	75		0,3					660
Kel1/KEvS-13/P15	13,10,2009	1	3,7	6,87			12			1,1			640
Kel1/KEvS-13/P15	2,10,2013	<2	4	7,2	6,5	45		0,24	3,7	1,3	<1	l1	470
Kel1/KEvS-13/P15	26,9,2016	l2	3,2	7,1	11	80	9,6	0,2		0,7		l1	740

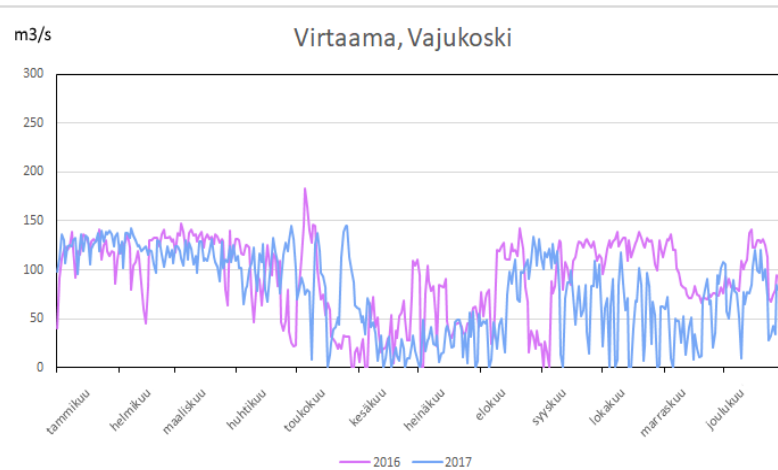
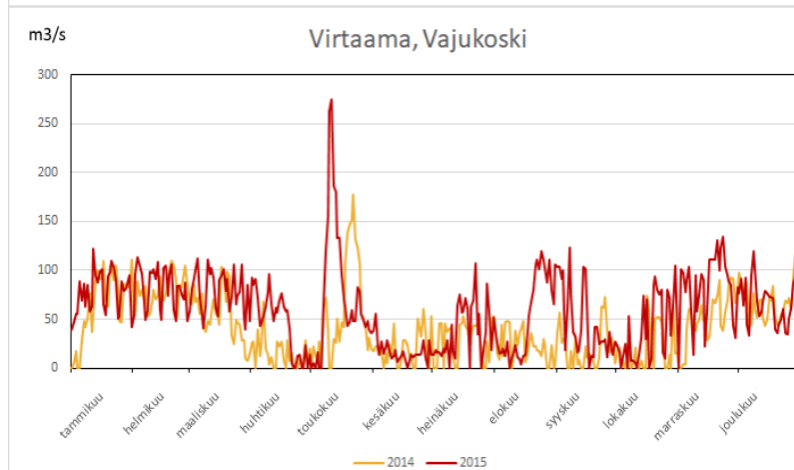
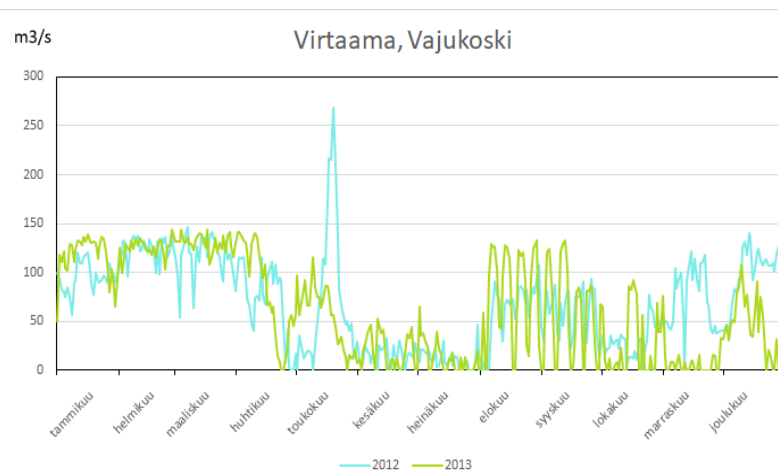
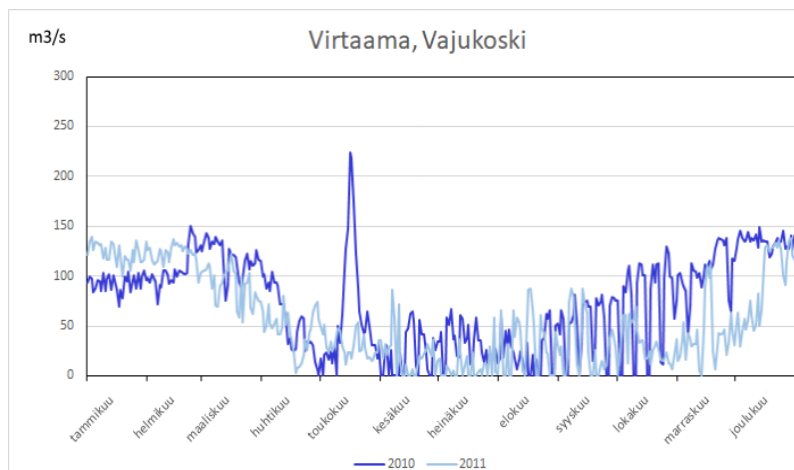
Näytepiste	PVM	K mg/l	Mg mg/l	Mn µg/l	Na mg/l	Ni µg/l	SO4 mg/l	PO4-P µg/l	NO3-N µg/l	NH4-N µg/l	Kok.fosf. µg/l	Kok.typ. µg/l
Kitinen Kersilö 109	12,10,1967										5	300
Kitinen Kersilö 109	13,10,1980			120						11	27	320
Kitinen Kersilö 109	21,9,1994						4,9	9		L 5	42	280
Kitinen Kersilö 109	22,9,1997							4			13	280
Kel1/KEvS-13/P15	15,10,2001			20				L 5		11	10	280
Kel1/KEvS-13/P15	1,8,2005			75						7	14	300
Kel1/KEvS-13/P15	13,10,2009			33			2,8	L 2		10	15	440
Kel1/KEvS-13/P15	2,10,2013	0,57	1,3	19	1,6	l1	3,7	l2	36	9	12	260
Kel1/KEvS-13/P15	26,9,2016			27			2,3	L 2		7	9	270

Näytepiste	Vuosi	Klintoaine mg/l		Ec mS/m		pH mgO2/l		CODMn mgO2/l		Väriluku mgPt/l		Happi mgO2/l		Alk. mmol/l		Ca mg/l		Cd µg/l	
		Keskiarvo	Mediaani	Keskiarvo	Mediaani	Keskiarvo	Mediaani	Keskiarvo	Mediaani	Keskiarvo	Mediaani	Keskiarvo	Mediaani	Keskiarvo	Mediaani	Keskiarvo	Mediaani	Keskiarvo	Mediaani
Kitinen Kersilö 109	1967			5,3	3,7	6,6	6,3	9,3	11,0	58	70	9,8	9,4						
Kitinen Kersilö 109	1977			4,4	3,8	6,7	6,7	9,9	9,9	88	90	11,3	11,4						
Kitinen Kersilö 109	1980			5,4	5,8	7,0	7,0	9,1	9,2	77	80	11,6	11,4						
Kitinen Kersilö 109	1994			4,4	4,8	7,0	7,0	9,3	8,4	83	70	11,0	10,9	0,269	0,291				
Kitinen Kersilö 109	1995			4,1	3,9	6,9	6,9	9,5	9,4	83	85	10,1	9,8	0,266	0,253				
Kitinen Kersilö 109	1996			4,0	3,6	6,8	6,8	8,7	7,9	83	70	9,5	9,3	0,358	0,229				
Kitinen Kersilö 109	1997			4,4	3,9	6,9	6,9	8,1	7,6	77	80	9,1	8,5	0,287	0,251				
Kitinen Kersilö 109	1998			3,2	3,4	6,7	6,6	10,5	12,0	75	80	9,6	9,7	0,202	0,209				
Kel1/KevS-13/P15	2001			4,0	4,0	7,1	7,0	11,0	11,0	75	70	9,4	8,9	0,264	0,267				
Kel1/KevS-13/P15	2002			4,6	4,2	6,7	6,6	8,9	7,6	70	65	8,9	8,7	0,268	0,29				
Kel1/KevS-13/P15	2003			4,2	3,6	6,7	6,5	6,5	6,6	53	53	72,5	8,1	0,273	0,22				
Kel1/KevS-13/P15	2004			4,3	4,1	6,6	6,5	7,7	6,4	48	40	8,6	8,4	0,3	0,3				
Kel1/KevS-13/P15	2005			3,8	3,8	6,7	6,6	8,7	7,9	58	50	9,7	10,0	0,267	0,3				
		Keskiarvo		Keskiarvo		Keskiarvo		Keskiarvo		Keskiarvo		Keskiarvo		Keskiarvo		Keskiarvo		Keskiarvo	
Kel1/KevS-13/P15	2009	<1		3,6		7,1						11							
Kel1/KevS-13/P15	2010	1,3		3,6		6,9						10							
Kel1/KevS-13/P15	2011	<1		3,7		6,8						8,8							
Kel1/KevS-13/P15	2012	1,6		3,7		7,2		9,2		72		11		0,3		3,4			
Kel1/KevS-13/P15	2013	2,6		4,2		7,1		7,3		52		10,4		0,3		4,1			
Kel1/KevS-13/P15	2014	1,1		4,4		7		8,7		59		10,4		0,3		4,2			
Kel1/KevS-13/P15	2015	<2		3,8		6,9		9,2		65		10,6		0,2		3,8		<0,03	
Kel1/KevS-13/P15	2016	<2		3,4		7		10,3		77		10,2		0,2		3,2		<0,03	
Kel1/KevS-13/P15	2017	<2		3,4		7,1		9		78		10,4		0,2		3,3		<0,03	

Näytepiste	Vuosi	Cl mg/l		Cr µg/l		Cu µg/l		Fe µg/l		K mg/l		Mg µg/l		Mn mg/l		Na mg/l		Ni µg/l	
		Keskiarvo	Mediaani	Keskiarvo	Mediaani	Keskiarvo	Mediaani	Keskiarvo	Mediaani	Keskiarvo	Mediaani	Keskiarvo	Mediaani	Keskiarvo	Mediaani	Keskiarvo	Mediaani	Keskiarvo	Mediaani
Kitinen Kersilö 109	1967																		
Kitinen Kersilö 109	1977																		
Kitinen Kersilö 109	1980	1,07	1					1170	960					54,3	23				
Kitinen Kersilö 109	1994	0,35	0,35			5,12	5,12	2140	1490									3,18	3,18
Kitinen Kersilö 109	1995	0,4	0,4			1,31	1,31	1300	1050									4,3	4,3
Kitinen Kersilö 109	1996					0,60	0,60	865	815									1,38	1,38
Kitinen Kersilö 109	1997					0,91	0,91	753	750									1,66	1,66
Kitinen Kersilö 109	1998					4,44	4,44	610	635									73,5	73,5
Kel1/KevS-13/P15	2001							688	690					44,5	49,5				
Kel1/KevS-13/P15	2002							589	638					63,7	61				
Kel1/KevS-13/P15	2003							629	638					52,7	47				
Kel1/KevS-13/P15	2004							557	560					38	35				
Kel1/KevS-13/P15	2005							587	630					48,7	47				
		Keskiarvo		Keskiarvo		Keskiarvo		Keskiarvo		Keskiarvo		Keskiarvo		Keskiarvo		Keskiarvo		Keskiarvo	
Kel1/KevS-13/P15	2009	1		<3		<3		520						24				0,5	
Kel1/KevS-13/P15	2010	0,7		<3		<3		652						40				0,5	
Kel1/KevS-13/P15	2011	0,6		<3		<3		530						46				0,5	
Kel1/KevS-13/P15	2012	0,6		<3		<3		503		0,6		1,2		30		1,4		0,5	
Kel1/KevS-13/P15	2013	1,2		1		<1		503		0,6		1,3		31		1,6		0,6	
Kel1/KevS-13/P15	2014	1,7		<1		<1		568		0,6		1,4		31		1,6		0,6	
Kel1/KevS-13/P15	2015	1,1		<1		<1		672		0,5		1,3		31		1,4		0,7	
Kel1/KevS-13/P15	2016	0,9		<1		<1		609		0,4		1,1		29		1,1		0,5	
Kel1/KevS-13/P15	2017	0,8		<0,5		<0,5		695		0,4		1,1		26		1,2		0,5	

Näytepiste	Vuosi	Pb µg/l		Zn µg/l		SO4 mg/l		PO4-P µg/l		NO3-N µg/l		NH4-N µg/l		Kok.fosf. µg/l		Kok.typ. µg/l	
		Keskiarvo	Mediaani	Keskiarvo	Mediaani	Keskiarvo	Mediaani	Keskiarvo	Mediaani	Keskiarvo	Mediaani	Keskiarvo	Mediaani	Keskiarvo	Mediaani	Keskiarvo	Mediaani
Kitinen Kersilö 109	1967													8	5	220	300
Kitinen Kersilö 109	1977													25,6	28	456	440
Kitinen Kersilö 109	1980													24,7	27	403	400
Kitinen Kersilö 109	1994	0,275	0,275	1,55	1,55	5,1	5,6	9	8			3	2	37,3	28,5	330	325
Kitinen Kersilö 109	1995	0,195	0,195	2,75	2,75	2,2	2,2	6,3	4,5			4,5	4	24,3	21,5	420	415
Kitinen Kersilö 109	1996	0,045	0,045	0,28	0,28			4,8	4,5			4	4	19	19	330	345
Kitinen Kersilö 109	1997	0,065	0,065	1,13	1,13			4,3	4			9	11	13,7	13	360	320
Kitinen Kersilö 109	1998	0,285	0,285	11,20	11,20			1,3	1,5			5,75	6	13,8	13,5	365	365
Kel1/KevS-13/P15	2001							2,5	2,5			15,5	15,5	10,3	10	308	295
Kel1/KevS-13/P15	2002							3,5	2,5			3,3	3	18	18	329	325
Kel1/KevS-13/P15	2003							3,7	4			4,67	4	15,7	17	392	460
Kel1/KevS-13/P15	2004							2,3	3			3,33	2	15,3	15	370	410
Kel1/KevS-13/P15	2005							1,7	2			9	7	13,7	14	350	340
		Keskiarvo		Keskiarvo		Keskiarvo		Keskiarvo		Keskiarvo		Keskiarvo		Keskiarvo		Keskiarvo	
Kel1/KevS-13/P15	2009					2,2		2,6				9,4		12		347	
Kel1/KevS-13/P15	2010					2,1		2,5		13		14		13		350	
Kel1/KevS-13/P15	2011					2,2		7,7				12		17		403	
Kel1/KevS-13/P15	2012					2,5		2,2		44		10		10		301	
Kel1/KevS-13/P15	2013					3,8		3,2		63,3		13,4		10,2		298	
Kel1/KevS-13/P15	2014					3,7		2,4		60,5		7		11,4		320	
Kel1/KevS-13/P15	2015	<0,5				3,2		<2		53,3		5,7		10,5		309	
Kel1/KevS-13/P15	2016	<0,5				2,8		<2		55,6		5,7		6,8		296	
Kel1/KevS-13/P15	2017	<0,5				2,5		2,3		68,6		<4		6,8		300	

## LIITE 8: Vajukosken virtaamat eri vuosil



## LIITE 9: Pitoisuuksien jakautuminen Kevitsan alueella

